

POLITECNICO DI TORINO

FACOLTÀ DI ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN ARCHITETTURA COSTRUZIONE E CITTÀ  
TESI DI LAUREA MAGISTRALE



**Ospedalizzazione domiciliare.**

**Il BIM come strumento polivalente di mediazione  
dal rilievo architettonico all'applicazione progettuale**

Bonelli Mattia S245998

MARZO 2019

Relatore

Correlatori

Prof.ssa Anna Osello

Prof.ssa Antonia Teresa Spanò

Matteo Del Giudice



A mio padre Fluvio,  
mia madre Sonia  
e mia sorella Cecilia



## SOMMARIO

Oggi, più che mai, non è più possibile sottrarsi alla responsabilità di progettare, programmare e verificare servizi sostitutivi al tradizionale ricovero ospedaliero per la cura del paziente in condizione di fragilità. Fra le strutture adibite all'assistenza del paziente, che necessita di cure a lungo termine, alcune sono realtà consolidate; altre, come quelle destinate all'assistenza domiciliare, non sono ancora state sviluppate e preparate a sufficienza per garantire forme di assistenza continuative. Gli ospedali attuali sono pensati per le grandi "quantità", solitamente sono ubicati in edifici di grande portata, ma dai quali si generano interventi rigidi, lenti, non finalizzati ai veri bisogni del paziente.

Ne derivano gravi difficoltà per il paziente e per la sua famiglia, che sentendosi abbandonati ed incerti, fanno ricorso all'ospedalizzazione impropria come luogo di rassicurazione e protezione, pesando sull'intero processo organizzativo sanitario. L'enorme peso derivante dall'incremento della popolazione anziana, la progressiva riduzione della durata dei ricoveri ospedalieri e l'aumento dei ricoveri diurni definiti "day-hospital", uniti allo sviluppo di una sensibilità più attenta agli aspetti qualitativi dell'assistenza ed alla necessità di razionalizzare e contenere la spesa sanitaria, hanno spinto, soprattutto negli ultimi anni, ad un radicale cambiamento delle strategie sanitarie, ponendo particolare attenzione allo sviluppo ed al rilancio dei progetti di cure a domicilio.

Osservando il Piano Sanitario Nazionale del '98 e lo Schema di Piano Sanitario del 2002 si può già evincere la spinta verso tale mutamento, sottolineando l'importanza di un approccio sociale alla salute che valorizzi gli interventi domiciliari e territoriali al pari di quelli ospedalieri. Ciò potrà funzionare solo se verranno gestite efficacemente le risorse disponibili senza gravare sulla spesa sanitaria, se si riscontrerà una riduzione dei ricoveri non necessari, e se verrà predisposta una più adeguata personalizzazione dell'assistenza.

Ciò porterà dunque anche ad un migliore funzionamento degli ospedali stessi, destinati ad assumere il ruolo di strutture dispensatrici solo di cure intensive e di prestazioni ad elevata complessità.

Partendo da queste premesse e prendendo come riferimento il territorio regionale piemontese, si rende necessario avviare una profonda rielaborazione culturale ed organizzativa con lo sviluppo di una serie di

interventi in grado di migliorare la qualità di vita dei pazienti, cercando di migliorarne la qualità della degenza.

La tesi da me proposta vuole infatti analizzare ed applicare questi concetti ad un caso studio concreto nella periferia di Torino e confrontarlo con altre realtà simili, come ad esempio strutture di ricovero private, al fine di verificare in che modo l'architettura e l'utilizzo di nuove tecnologie digitali possano muoversi in favore dell'assistenza ai malati affetti da patologie trattabili a domicilio, mantenendoli il più possibile a casa loro, favorendo il recupero delle capacità psico-motorie e supportando i loro familiari anche attraverso i presidi medici ed ausili digitali utili a rendere meno gravoso il carico dell'assistenza. Un ulteriore obiettivo di questa tesi è sviluppare ed identificare le giuste strategie da adottare nella restituzione della nuvola di punti e nella progettazione all'interno di strutture sanitarie storiche, tramite l'utilizzo di programmi B.I.M. Nello specifico verrà utilizzato il software della famiglia Autodesk Revit. Tale scelta è mirata a dimostrare l'efficienza che tale metodologia offre, soprattutto dal punto di vista dell'interoperabilità tra i vari settori, dal rilievo del sito fino ad una successiva elaborazione progettuale, permettendo una migliore visione collettiva sull'intero processo edilizio.

Un altro aspetto interessante è la possibilità di sfruttare le informazioni interattive del modello per integrare il B.I.M. con la realtà virtuale. Questo aspetto può essere sfruttato in ausilio alla riabilitazione psico-motoria del paziente o semplicemente per effettuare visite virtuali delle strutture prese in esame.

## ABSTRACT

Today, more than ever before, one cannot avoid the responsibility of planning and designing viable alternative to the traditional hospital treatment for critically ill patients. Among the available structures for the long-term care some are well established, others, like the concierge medical practice, are not developed enough in order to guarantee continuative assistance through longer time frames. Hospitals nowadays are often located in massive buildings and are conceived for big numbers of patients, but this generates slow and rigid assistance that does not meet the needs of the patient.

Because of the aforementioned problems, the patients and their families feel abandoned and unsettled, and they often choose the improper hospitalization as a solution to this conundrum, further complicating the whole medical organization processes. Because of the steep growth of the elderly population, as well as the progressively shorter average time of hospitalization, not to mention the growth in the daily hospital services, the projects of concierge medical practices have been a focal point in the general medical strategies of our country, mainly in order to rationalize and reduce the public money destined to finance the healthcare expenditure.

By observing the 1998 Piano Sanitario Nazionale and the following Schema di Piano Sanitario from 2002, we can infer how this option was gaining steam, and how the plans suggested a multi-layer social approach to health care beyond the simple hospitalization. In order for this to work without further loading the public spending though, the whole system needs to cut on the unnecessary hospitalizations and provide an adequate personal health assistance.

This will lead to more efficient hospitals, that will only need to provide serious health care measures for critically ill patients. With this in mind, and considering the piedmontese environment, it's necessary to undertake a deep cultural and organizational shift towards an increased quality of the average hospital recovery, and this will undoubtedly lead to an increased life quality.

My thesis wants to analyze and apply these concepts to a case study in Turin's suburban area and compare it with other structures, like private facilities, in order to verify how architecture and digital technologies can impact the health care assistance of patients that could be treated at home while they re-gain their psychomotor skills and their families are well served by digital assistance and medical facilities nearby in case of need.

A further goal of this thesis is to develop and identify the right strategies to be adopted in restitution of the point cloud and in the design of historical health facilities, through the use of B.I.M. Specifically, the Autodesk Revit family software will be used. This choice is aimed at demonstrating the efficiency that this methodology offers, above all from the point of view of the interoperability between the various sectors, from the survey of the site to a subsequent design process, allowing a better collective vision of the entire building process.

Another interesting aspect is the possibility to exploit the interactive information of the model to integrate the B.I.M. with virtual reality. This aspect can be exploited in aid of the psycho-motor rehabilitation of the patient or simply to make virtual visits to the structures examined.

# INDICE

## PARTE I

1.1	INTRODUZIONE .....	15
1.2	OBIETTIVI .....	16
1.3	PREPARAZIONE – Il brevetto di volo per piloti APR (UAV).....	17
2.	CASI STUDIO.....	19
2.1	Premessa .....	19
2.2	Villa Mirabello .....	20
2.3	Santuario del Trompone .....	22
3.	TECNICHE DI RILIEVO FOTOGRAMMETRICO AEREO, LiDAR TERRESTRE E LORO INTEGRAZIONE.....	24
3.1	La tecnica fotogrammetrica digitale.....	25
3.2	Principi della tecnica LiDAR.....	28
3.3	Strategie di acquisizione e registrazione delle nuvole LiDAR.....	29
3.4	Rilievo fotogrammetrico UAV di Villa Mirabello .....	33
3.4.1	Workflow del volo.....	35
3.4.2	Trilaterazione manuale degli interni di Villa Mirabello.....	43
3.5	Rilievo aereo e terrestre del Santuario del Trompone .....	45
4.	ELABORAZIONE DELLE NUVOLE DI PUNTI .....	55
4.1	Metodo fotogrammetrico: Villa Mirabello.....	56
4.2	Metodologia LiDAR e rilievo fotogrammetrico integrati: Santuario del Trompone .....	62
4.3	Ottimizzazione della nuvola per la modellazione B.I.M. ....	64
4.4	Segmentazione della nuvola per componenti .....	67

5.	ELABORAZIONE DEI MODELLI 3D .....	70
5.1	Elaborazione manuale del modello .....	71
5.2	Elaborazione tramite algoritmi di interpolazione.....	75
5.3	Elaborazione della facciata .....	79
5.4	Elaborazione delle famiglie delle aperture esterne.....	81
6.	GESTIONE INFORMAZIONI MODELLO E DATI.....	84
6.1	Abachi quantitativi.....	84
6.2	Elaborazioni 2d e grafici.....	86
7.	RESA GRAFICA .....	91
7.1	Render digitali.....	91
7.2	Video digitali .....	94
7.3	Realtà Virtuale .....	95
8.	INTEROPERABILITÀ B.I.M. ....	97
8.1	Terreno .....	99
8.2	Componenti edificio .....	100
8.3	Resa grafica.....	101
8.4	Dati analitici .....	101

## PARTE II

9.	OSPEDALIZZAZIONE A DOMICILIO .....	105
9.1	Definizione .....	105
9.2	Il servizio di ospedalizzazione a domicilio di Torino .....	107
9.3	Normative di riferimento .....	109
9.4	Requisiti e necessità .....	111
9.4.1	Ambito medico .....	111
9.4.2	Ambito edilizio .....	113
9.5	La Domotica assistenziale .....	115
10.	IL RICOVERO IN STRUTTURE PRIVATE: IL SANTUARIO DEL TROMPONE .....	117
10.1	La Casa di Cura .....	118
10.2	La Residenza Sanitaria per Anziani .....	119
11.	GIARDINO D'INVERNO NEL SANTUARIO DEL TROMPONE ..	121
11.1	Finalità dell'intervento .....	121
11.2	Descrizione del progetto .....	122
12.	IPOTESI PROGETTUALE: ADEGUAMENTO DI UN' UNITÀ ABITATIVA ALL' OSPEDALIZZAZIONE A DOMICILIO .....	125
12.1	Analisi stato di fatto .....	125
12.2	Intervento di adeguamento .....	128
12.3	Considerazioni progettuali .....	133
13.	CONCLUSIONI .....	136

14.	BIBLIOGRAFIA .....	143
15.	SITOGRAFIA.....	145
17.	TUTORIAL.....	146
18.	RINGRAZIAMENTI .....	180

## PARTE I



## 1.1 INTRODUZIONE

La seguente tesi pone le proprie basi su due tematiche principali: in primis l'utilizzo di nuove tecnologie all'avanguardia nell'ambito del rilievo architettonico, sia a scala territoriale, che a scala edilizia, ponendo l'interesse sul successivo utilizzo di software della famiglia B.I.M. (Building Information Modeling) per la gestione e lo sviluppo dell'intero progetto; in secundis l'applicazione del tema della degenza domiciliare ad un caso reale, partendo dalle fasi preliminari di raccolta dati, rilievo architettonico e topografico fino all'elaborazione del modello 3D, inglobando infine la programmazione e la gestione futura in funzione delle ipotesi di progetto. Nello specifico la seguente tesi è suddivisa in due filoni distinti per tematica:

- Il primo è incentrato sulle questioni architettoniche legate al rilievo ed alla modellazione 3D dei due siti presi in esame, confrontando ed analizzando i risultati ottenuti mediante differenti metodologie e utilizzando tecnologie digitali relativamente economiche ed all'avanguardia come aeromobili a pilotaggio remoto (APR) e fotocamere digitali, sfruttando l'interoperabilità del software Autodesk Revit per rendere più efficiente la gestione di tutti i dati e degli output digitali legati all'intero iter progettuale.
- Il secondo è invece mirato all'analisi ed alla valutazione di un tema oggi sempre più presente e sentito: il ricovero a domicilio. In Italia, a seguito del progressivo invecchiamento della popolazione, è aumentato notevolmente il numero delle persone che necessitano di assistenza medica quotidiana. Per rispondere attivamente a questa problematica che sta portando ad un sovraffollamento degli ospedali e che grava fortemente sulle finanze pubbliche, stanno nascendo nuove iniziative proposte dalle Regioni, che prevedono il ricovero direttamente a casa del paziente.

Tali procedure richiedono però precise disposizioni legate sia al tipo di assistenza che ai dispositivi di cui l'abitazione deve essere dotata. Questa parte vuole dunque applicare tali disposizioni per valutarne i pregi ed i difetti, proponendo l'ipotesi di trasformazione di una casa tipo, localizzata in territorio periferico, mirata all'adeguamento ed alla massimizzazione della qualità delle cure.

## 1.2 OBIETTIVI

Come citato precedentemente nell'introduzione, essendo questa tesi di ricerca suddivisa prevalentemente in due parti, anche le finalità e gli obiettivi ai quali essa tende sono stati articolati in base all'ambito della singola sezione.

La prima parte di questa tesi è infatti focalizzata sull'utilizzo di software B.I.M. per valutare l'interoperabilità con le nuove tecnologie nell'ambito del rilievo metrico, supportato cioè da tecnologie strumentali che offrono un modello spaziale 3D. Verranno dunque utilizzati strumentazioni e tecnologie all'avanguardia, come il drone per il rilievo fotogrammetrico e l'utilizzo di fotocamere economiche, integrate all'applicazione dei metodi più tradizionali come il rilievo tramite laser scanner e misure topografiche con stazione totale, ricorrendo anche a rilievi manuali per misure circoscritte e dirette. Gli obiettivi di questa prima parte sono dunque incentrati sul dimostrare l'efficienza di queste nuove tecnologie, sia dal punto di vista delle tempistiche, sia da quello dei costi relativi al loro impiego.

Gli obiettivi della seconda parte sono invece inerenti alla valutazione, l'analisi ed il confronto dei servizi di assistenza offerti in ambito medico riguardo al tema dell'ospedalizzazione a domicilio, come soluzione per ridurre il numero ormai insostenibile delle degenze ospedaliere. Sarà, infatti, oggetto di questa seconda parte, la stima di fattibilità di tale procedura, applicandola ad un caso tipo.

Verrà infine confrontata la qualità delle cure proposte dall'ipotesi progettuale, con una realtà privata come quella della Casa di cura mons. Luigi Novarese, all'interno del santuario del Trompone. Obiettivo comune invece tra le due parti è dimostrare l'efficienza e l'utilizzo di programmi B.I.M., nello specifico tramite l'utilizzo del software Autodesk Revit, finalizzato alla gestione dell'intero progetto, partendo dal rilievo e dalla modellazione 3D del caso studio, fino alla programmazione dell'utilizzo futuro, finalizzato al miglioramento delle cure per il paziente.

Tramite questa procedura è infatti possibile sfruttare la condivisione di informazioni contenute nel modello parametrico per la gestione dei locali

interni, in funzione della loro destinazione d'uso. Un altro aspetto interessante è la possibilità di sfruttare le informazioni interattive del modello digitale per integrare il B.I.M. con la realtà virtuale, sfruttando l'utilizzo di appositi strumenti per la visualizzazione, come smartphone e visori immersivi. Questo aspetto può essere sfruttato in ausilio alla riabilitazione del paziente a livello fisico e psichico o semplicemente per effettuare visite virtuali della struttura anche a distanza e nonostante le eventuali disabilità psico-motorie presentate dall'eventuale fruitore.

### 1.3 PREPARAZIONE – Il brevetto di volo per piloti APR (UAV)

Per prepararsi efficacemente ed acquisire tutte le competenze necessarie per svolgere le operazioni previste all'interno di questa tesi è stato necessario un periodo di formazione preliminare. Per poter effettuare operazioni di rilievo e di ripresa fotografica aerea, è stato necessario conseguire una patente specifica, denominata brevetto pilota APR, la quale autorizza il pilota all'impiego del drone in operazioni non critiche, ovvero in assenza di agglomerati urbani ed in assenza di pericoli per persone o strumentazioni sensibili come centrali elettriche o aeroporti. Per giungere all'ottenimento di tale certificato è stato necessario sottoporsi a controlli medici specialistici in modo tale da garantire le capacità psicomotorie necessarie per il controllo in sicurezza di un aeromobile nello spazio aereo.

Nello specifico non bisogna soffrire di patologie cardiache, non bisogna presentare disturbi visivi come il daltonismo e altre condizioni di riduzione del visus. Dopodiché è stato necessario seguire un corso teorico inerente ai principi di guida e nozioni di fisica base, le correnti d'aria, la pressione atmosferica, nozioni legate alla forma geometrica dei profili alari e dei componenti in dotazione ai vari droni in commercio. Questo corso, della durata di tre giorni, ha richiesto il superamento di un esame scritto, atto a certificare l'acquisizione delle competenze necessarie alla guida. Una volta superato l'esame scritto, si accede dunque alla parte pratica. Tale sezione prevede l'acquisizione delle capacità pratiche di guida. Le prove pratiche consistono nella guida in presenza di un istruttore certificato ENAC, ovvero L'Ente Nazionale Aviazione Civile, il quale ha il compito di valutare le capacità di guida del

singolo individuo, sottoponendolo a esercizi molto precisi, che partono dalla messa in sicurezza del sito interessato dalla missione, fino all'esecuzione in volo di precise manovre. I tre movimenti che il drone è in grado di compiere vengono definiti beccheggio, rollio ed imbardata, e possono essere combinati per far volare il drone nelle tre dimensioni spaziali. Acquisiti questi tre movimenti fondamentali l'esaminatore richiede l'esecuzione di alcune manovre più elaborate come la spirale ascendente e discendente all'interno di un'area, il movimento in linea retta lungo una diagonale, il volo secondo un circuito prestabilito (cerchio o quadrato) ed infine le operazioni di terminazione improvvisa in caso di emergenza. Durante l'esame tutte le manovre devono essere eseguite in modalità manuale, senza ricorrere all'ausilio del GPS in dotazione agli aeromobili.

La maggior parte degli aeromobili disponibili attualmente in commercio sono infatti dotati di pilota automatico. Il conducente può eseguire manovre controllate tramite software dedicati e app per cellulari e smartphone, ma per ottenere la patente il pilota deve sapere dimostrare di essere in grado di guidare il dispositivo anche in assenza di ausili automatizzati, in quanto tali strumenti sono generalmente dipendenti dai servizi militari nazionali e/o esteri. La precisione di tali strumenti è quindi legata a questioni dipendenti da terzi, che potrebbero in qualsiasi momento modificare o alterare i parametri che ne definiscono la precisione andando ad influire positivamente o negativamente sull'utilizzo in volo del drone. La patente ha una durata di 5 anni, al termine dei quali bisogna sottoporsi a nuovi accertamenti medici ed eventualmente ad una verifica delle competenze manuali tramite prova pratica. Al fine di ottenere un risultato finale il più accurato possibile è stata necessaria l'acquisizione di competenze legate all'utilizzo di una grande quantità di software digitali tra i quali Revit, Photoscan, 3DReshaper, Cloudcompare, Pix4D ed altri ancora come Lumion per quanto riguarda la realizzazione delle simulazioni virtuali. Tali software hanno permesso di raggiungere l'obiettivo tramite strade e metodologie parallele, ma tra loro differenti, al fine di poter confrontare la qualità degli output ottenuti e di massimizzarne l'efficienza.

L'elaborazione e l'analisi digitale dei due casi studio presi in esame è infatti stata svolta mediante l'utilizzo di software e metodologie differenti al fine di favorire un confronto tra le due metodologie.

## 2. CASI STUDIO

### 2.1 Premessa

La scelta dei due casi studio è stata incentrata sul tema dello sviluppo di nuove soluzioni alternative al ricovero ospedaliero, tema strettamente legato all'invecchiamento della popolazione che oggi è di ampio interesse soprattutto negli stati europei.

Nello specifico sono stati scelti due differenti casi studio, distinti per tipologia di assistenza:

Il primo ricade nella tipologia della casa indipendente isolata, ovvero una delle tipologie più difficili alla quale applicare tale pratica di ricovero sanitario, ma allo stesso tempo molto diffusa sul territorio nazionale, ponendosi quindi come esempio tipo per l'applicazione reale del ricovero a domicilio;

Il secondo caso riguarda invece un edificio di interesse storico e religioso, che offre servizi di cura e ricovero per anziani e persone malate all'interno di strutture private e tramite l'ausilio di tecnologie e servizi all'avanguardia.

Tale struttura è stata scelta non solo per la sua importanza architettonica e per la sua fama, ma anche in quanto si pone come soluzione intermedia tra il classico ricovero ospedaliero e l'ospedalizzazione domiciliare.

Qui di seguito verranno descritti i due casi studio dal punto di vista architettonico e prestazionale, ponendo le basi per il rilievo e per l'applicazione dell'ipotesi progettuale di adeguamento.

## 2.2 Villa Mirabello



(Fig. 1 - Vista di Villa Mirabello dall' angolo Sud-Ovest, scattata da: Mattia Bonelli).

Villa Mirabello fu costruita nel 1985 su commissione privata. Ubicata sul versante Sud-Est della collina torinese gode di un eccezionale affaccio sulla città, elemento dal quale prende infatti il nome. Fu originariamente costruita e pensata come residenza monofamiliare, ma a causa della sua vasta superficie e delle difficoltà economiche, fu poi suddivisa in tre appartamenti distinti.

L'edificio si articola su 4 livelli di cui tre fuori terra ed è dotato di parcheggio sotterraneo e di un ampio giardino. Le facciate sono state realizzate interamente in mattone a vista, così come i pilastri che sorreggono il grande terrazzo al primo piano ed il tetto a falde in legno e coppi, conferendo alla costruzione le tipiche sembianze di una casa di campagna.

La struttura presenta gli accessi ai tre appartamenti al piano terra, posizionati sulle due estremità dell'asse longitudinale, fornendo l'accesso diretto ai due appartamenti singoli ubicati al piano terreno.

L'accesso all'appartamento doppio, posizionato al piano superiore, avviene invece tramite una rampa di scale ubicata centralmente alla struttura ed è sprovvisto di collegamenti verticali automatizzati, come ascensori o scale mobili.

La villa è inoltre dotata di un'area dedicata alla coltivazione di ortaggi e piante da frutto ed è completamente immersa all'interno della natura, posizionandosi al confine tra le aree destinate alla coltivazione intensiva e le aree boschive appartenenti al Parco naturale del Colle della Maddalena, offrendo la possibilità di effettuare escursioni a piedi e a cavallo.



(Fig. 2 - Foto aerea del sito, tratta da Google Maps, <https://www.google.com/maps/place/Str.+Cenasco,+24,+10024+Moncalieri>).

### 2.3 Santuario del Trompone



(Fig. 3 - Foto del Santuario, tratta da <http://www.lagazzetta.info/moncrivello-festa-al-santuario-del-trompone/>)

Il complesso edilizio del Santuario del Trompone è ubicato a Moncrivello, un piccolo comune di circa 1400 abitanti nella provincia di Vercelli, luogo spirituale circondato dalla natura e dai campi destinati alla produzione cerealicola. La struttura ebbe origine nel 1563. In quell'anno il Marchese di Moncrivello commissionò la costruzione di una "Rotonda" come santuario celebrativo di un'apparizione mariana avvenuta poco tempo prima. Conclusa nel 1568, la struttura si rivelò ben presto insufficiente per ospitare al suo interno tutti i pellegrini che la visitavano con devozione. Pochi anni dopo vennero dunque proposti dei lavori di ampliamento, che includevano la realizzazione di appartamenti per l'abitazione dei religiosi e la costruzione di una nuova chiesa, composta da tre navate (Fig.4). Su progetto dell'ingegner Melchiorre Piantino cominciarono i lavori di ampliamento, realizzando le tre navate longitudinalmente ed inglobando la rotonda al suo interno.

Vennero poi costruite le residenze sul lato ovest delle navate ed un campanile di 27 metri. Nel 1600 vennero conclusi i lavori e il santuario venne affidato alla congregazione dei Frati Francescani Minori i quali nel 1627 aprirono le porte del convento. Negli anni tra il 1880-90 l'Arcidiocesi di Vercelli commissionò la costruzione di due palazzi in stile neoclassico per ospitare il Seminario Minore diocesano, incrementando così nuovamente l'intero complesso. Il 1970 fu un anno decisivo per le sorti del sito. L'Arcivescovo concesse a Monsignor Luigi Novarese, in quanto fondatore dei Silenziosi Operai della Croce, l'intero complesso a condizione che esso fosse adibito a centro di riabilitazione e sede di corsi professionalizzanti per persone affette da disabilità fisiche. Nel 2006, a seguito di un nuovo intervento, è stata costruita una palazzina con base ad "H" di fronte al Santuario, interamente destinata a casa di cura privata finalizzata alla riabilitazione del paziente. Tale struttura ospita inoltre alcuni corsi di Laurea Magistrale in Terapia Occupazionale in collaborazione con l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Roma. Alla fine del 2011 furono ultimati i lavori di adeguamento per convertire l'edificio che ospitava l'ex seminario in una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA), destinata ad ospitare persone in stato vegetativo o affette da gravi patologie neurologiche e neuromuscolari.



(Fig. 4 - Foto dell'interno del Santuario, tratta da:

[http://cittaecattedrali.it/system/media\\_images/figures/000/002/465/large/DSC\\_2933.jpg?1427205616](http://cittaecattedrali.it/system/media_images/figures/000/002/465/large/DSC_2933.jpg?1427205616)).

### 3. TECNICHE DI RILIEVO FOTOGRAMMETRICO AEREO, LiDAR TERRESTRE E LORO INTEGRAZIONE

Lo sviluppo tecnologico e digitale degli ultimi decenni ha portato grandi innovazioni nei diversi settori dedicati allo studio, all'analisi e alla documentazione del territorio e del costruito.

Nel campo del rilievo metrico sono infatti nate nuove sofisticate tecniche e metodologie di misurazione, come ad esempio il Rilievo fotogrammetrico UAV e le Tecniche di Rilievo LiDAR, che integrano le tecniche di rilievo tradizionali all'utilizzo di strumentazioni digitali innovative, come gli aeromobili a pilotaggio remoto e i laser scanner. Oggi, l'applicazione di tali metodologie ha permesso di apportare notevoli miglioramenti, non solo per lo studio di strutture artificiali, ma anche per l'analisi dei diversi fenomeni naturali e climatici del territorio.

Bisogna però sottolineare il fatto che per poter definire correttamente e con precisione la geometria e le caratteristiche fisiche dell'oggetto del rilievo, non sarà sufficiente l'applicazione di una singola tecnica. Esse dovranno, infatti, essere integrate tra di loro con lo scopo di ottenere risultati più significativi ed accurati, approcciandosi in modo sistemico e multidisciplinare e incrociando i dati di rilievo derivanti dalle diverse tecniche per ottenere un risultato il più accurato possibile.

Per poter far ciò, sarà necessario definire alcune informazioni atte a fissare un sistema di riferimento, comune a tutte le diverse acquisizioni, creando dunque una rete topografica.

La rete topografica di riferimento è costituita da un insieme di almeno tre punti, definiti vertici della rete. Questi devono essere georeferenziati tramite appositi strumenti GPS/GNNS e sono connessi fra di loro da un insieme di misure di distanze e di angoli azimutali e zenitali, atti a definire correttamente la posizione reciproca, per poter successivamente unire le varie scansioni correttamente. Le compensazioni vengono eseguite con il metodo dei minimi quadrati, utilizzando le equazioni di osservazione che legano le quantità misurate con i parametri da stimare ed è inoltre possibile fare una previsione sull'accuratezza delle coordinate calcolate, espressa mediante la matrice di covarianza dei parametri stimati.

Nei paragrafi successivi verranno descritti i principi scientifici e le strategie di acquisizione e registrazione dei dati topografici delle due principali tecniche di rilievo applicate per i due casi studio presi in esame, ovvero la tecnica fotogrammetrica UAV e la tecnica LiDAR.

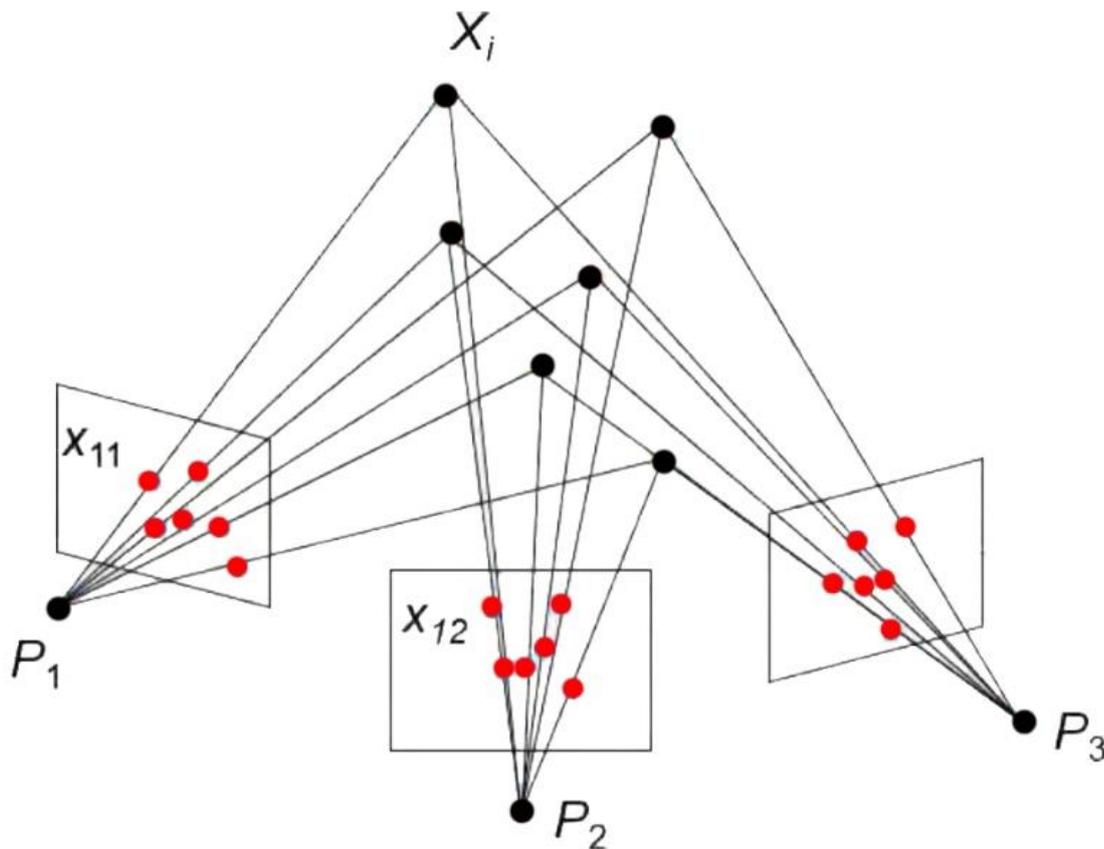
### 3.1 La tecnica fotogrammetrica digitale

La fotogrammetria è una tecnica che stabilisce una relazione geometrica tra la scena reale e le immagini acquisite con sensori terrestri, aerei o satellitari. Dopo aver ricostruito il modello matematico della collinearità è possibile ottenere da esso informazioni metriche sulla dimensione, forma e posizione di un oggetto reale.

A partire dall'inizio del XX secolo, grazie all'avvento di nuovi sistemi analitici a seguito del secondo dopoguerra, la fotogrammetria ha un compito fondamentale nello studio e nella rappresentazione del territorio, con finalità legate soprattutto alla produzione di cartografia e anche alle valutazioni sul patrimonio esistente. Questa tipologia di rilievo presenta numerosi vantaggi rispetto a quelli topografici classici:

- Possibilità di misurare le caratteristiche morfologiche degli oggetti senza averne contatto fisico diretto;
- Rilevamento simultaneo ed automatico di una pluralità di punti (coordinate);
- Le misure vengono effettuate a posteriori sui fotogrammi, mantenendo la possibilità di essere ripetute in ogni momento;
- Rapidità di applicazione ed economicità, soprattutto se applicata a vaste aree;
- Uniformità di precisione per tutti i punti.

Grazie all'avvento di nuove tecnologie e software, si può far ricorso ad algoritmi digitali per l'esecuzione di complesse procedure fotogrammetriche. La tecnica di rilievo "Structure from motion" (Sfm), ad esempio consente la creazione di un modello tridimensionale partendo da una serie di immagini bidimensionali, restituendolo sotto forma di punti sferici in base alle relative posizioni e orientamenti degli apparecchi di ripresa fotografici.



(Fig. 5 – Schema illustrativo della proiezione di un punto su più immagini)

Questa tecnica si distacca dalla fotogrammetria tradizionale per il fatto che la ricostruzione dell'ambiente rilevato, il posizionamento e anche l'orientamento della telecamera, vengono risolti, per mezzo di sofisticati algoritmi direttamente dal software dedicato. I punti omologhi dell'oggetto vengono individuati e riportati automaticamente dal software. Questi punti vengono individuati mediante un algoritmo specifico per le immagini bidimensionali, che si basano sulla diversa condizione luminosa e prospettica dei singoli pixel.

Tramite tale tecnica è possibile dunque eliminare la fase di selezione manuale della maggior parte dei punti ricoprendo dunque un ruolo cardine all'interno del rilievo fotogrammetrico. Essa può essere integrata con altre indagini diagnostiche di tipo non invasivo, come ad esempio la tecnica Laser scanner, per la successiva calibrazione del modello, mediante la misura dei dati sperimentali. Permette, inoltre, la restituzione di un modello 3D con textures e grazie alle funzionalità di editing digitale è possibile ottenere una corrispondenza esatta delle coordinate 3D e le loro corrispondenti informazioni sul colore.

I rilievi fotogrammetrici dei due casi studio sono stati pianificati ed articolati nelle seguenti fasi operative:

- Progettazione del piano di volo e dei punti di controllo: la pianificazione dei punti di controllo è stata impostata in base alle caratteristiche specifiche degli strumenti utilizzati ed in funzione della scala del rilievo e del livello di dettaglio ricercata;
- Acquisizione delle immagini: per una corretta acquisizione delle immagini si è scelto di utilizzare fotocamere ad alta definizione, sia per il rilievo aereo tramite drone, sia per quello terrestre tramite fotocamere digitali;
- Restituzione digitale della nuvola di punti: è l'insieme di tutte le operazioni che consentono di effettuare la ricostruzione delle geometrie nelle tre dimensioni, di misurare il modello dell'oggetto ricostruito e di produrre gli output necessari per l'analisi.

Nello specifico la compensazione ai minimi quadrati della rete verrà effettuata con software digitali come LGO (Leica Geo Office), tramite il quale sarà poi possibile impostare i parametri di orientamento esterno di ogni immagine (risoluzione del vertice noto del triangolo) e verranno stimati i residui sui punti di controllo (GCP) utilizzando programmi specifici come Agisoft Photoscan e 3DReshaper. La creazione del modello di punti-oggetto (DSM), dalle singole immagini sovrapposte, è poi gestita mediante intersezione spaziale di raggi omologhi corrispondenti (restituzione digitale 3D).

È risultata fondamentale una attenta progettazione e la verifica tramite report di analisi dei risultati (Allegato 1) dell'orientamento dei fotogrammi, per evitare errori che potessero condizionare le fasi successive e di conseguenza la qualità dell'intero rilievo fotogrammetrico.

### 3.2 Principi della tecnica LiDAR

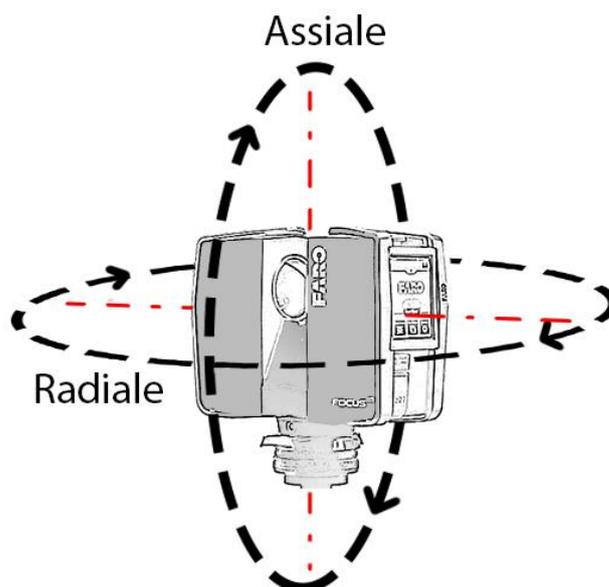
“Il termine L.A.S.E.R. è l’acronimo di “Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation”, ed è una tecnica di rilevamento adoperata per l’acquisizione di grandi quantità di dati con tempi di rilievo sensibilmente ridotti e con precisione elevata. Lo scanner 3D può essere paragonato a un occhio che misura tutto ciò che è visibile dalla posizione in cui è collocato. Questo sensore è in grado di misurare le distanze e gli angoli, di dare informazioni sulla riflettenza, sul colore e sulla direzione normale di ciascun punto rilevato, restituendo nuvole di punti con coordinate tridimensionali X, Y e Z calcolate rispetto al centro dello strumento. In ambito architettonico e ambientale, si utilizza principalmente il laser scanner a tempo di volo (Time Of Flight), in grado di misurare distanze fino a 1500 metri con precisione dal millimetro fino a pochi centimetri, rispetto ai laser scanner triangolari, che sono invece impiegati per oggetti di piccole dimensioni, con precisioni molto più elevate.” (M. Russo, F. Remondino, G. Guidi, *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, 2011).

“Il principio base del laser a tempo di volo è quello di misurare, mediante orologio con frequenza stabilizzata al quarzo e convertitore tempo tensione, l’intervallo di tempo che intercorre tra l’impulso trasmesso e quello ricevuto. In questo modo, conoscendo la velocità del laser, si può determinare la distanza lineare di un punto dal centro dello strumento. La sola distanza lineare di un punto, non è sufficiente per determinare le coordinate tridimensionali, per tale motivo l’operazione di misura viene ripetuta milioni di volte ruotando il laser di piccole porzioni di angolo. Nel laser scanner il movimento orizzontale avviene per rotazione di tutto o parte dello strumento, mentre il movimento verticale è calcolato attraverso la rotazione di uno specchio.” (D. Bartolucci, *Principi di laser scanning 3D*, D. Flaccovio Editore, Palermo 2009).

“Il laser scanner terrestre può essere paragonato a una stazione totale, in quanto entrambi calcolano le coordinate dei punti nel sistema polare, dove sono noti gli angoli verticali, orizzontali e le distanze. Naturalmente ci sono delle differenze, come ad esempio la capacità di misurare senza un prisma riflettente (perciò ogni oggetto sarà misurabile nel suo stato naturale) e di acquisire dei punti con altissima velocità e in maniera automatizzata. La rilevazione dei punti, a differenza del metodo topografico classico, non è controllata dall’operatore, il quale può solo pianificare, conoscendo la finestra utile di scansione del laser (FOV- acronimo di Field of View), il numero di scansioni e i punti in cui verranno effettuate. Gli scanner a panorama, come quelli utilizzati nel rilievo oggetto di studio, consentono di misurare la quasi totalità di ciò che li circonda; l’unica area in ombra è quella descritta dal treppiede. Infatti, questi scanner ruotano sul loro asse verticale a 360°e hanno un ricoprimento quasi sferico.” (D. Bartolucci, Principi di laser scanning 3D, D. Flaccovio Editore, Palermo 2009)

### 3.3 Strategie di acquisizione e registrazione delle nuvole LiDAR

Con la metodologia LiDAR, acronimo di “Laser Imaging Detention and Ranging”, possiamo creare un modello tridimensionale estremamente accurato dell’intero interno e dell’esterno di un edificio, tramite l’elaborazione di una nuvola di punti, che potremo poi utilizzare all’interno di software B.I.M. o CAD per l’elaborazione di un modello 3D. Il sistema di acquisizione LiDAR è totalmente indipendente dalle caratteristiche dell’oggetto: i punti oggetto sono definiti da determinanti, costanti e distanze angolari per registrare un’enorme quantità di informazioni e punti 3D. Infatti, nei sistemi di scansione laser la misurazione dei punti viene eseguita attraverso le coordinate sferiche e la differenza con i sistemi topografici tradizionali è la mancanza di un telescopio di collimazione, quindi non è più necessario all’utente scegliere il numero di punti da esaminare. È invece fondamentale scegliere le giuste posizioni planimetriche di registrazione per una copertura completa dell’area da scansionare.



(Fig. 6 - FARO 3DCAM utilizzato per il rilievo del cortile interno del Santuario (RSA), immagine tratta da: <http://www.3dtarget.it/eu/it/laser>).

(Fig. 7 - Schema raffigurante i due assi operativi del laser scanner).

Per il rilievo del cortile interno del Santuario del Trompone (RSA) è stato utilizzato un laser scanner FARO 3DCAM (Fig.6). Questo strumento appartiene alla categoria dei laser scanner a differenza di fase, ovvero confronta la differenza di fase dell'onda emessa con quella dell'onda ricevuta (metodo della comparazione di fase). I punti vengono rilevati sotto forma di coordinate sferiche (riferite al centro strumentale) che dovranno poi essere convertite in coordinate cartesiane.

Si inizia posizionando il laser scanner 3D all'interno del sito da catturare, quindi si accende lo strumento per acquisire la prima scansione dell'area interessata dal rilievo. Per acquisire i dati di scansione, lo scanner utilizza dei puntatori laser che vengono rimbalzati da uno specchio rotante (posizionato nel baricentro dello strumento) per misurare la distanza tra lo strumento ed il punto colpito dal laser. Lo specchio, girando verticalmente, permette allo scanner di catturare una colonna verticale di dati e grazie alla rotazione orizzonte dello strumento sul suo asse centrale (verticale), viene catturata l'intera "Dome 3D", ovvero la nuvola di punti sferica (completa a 360°). Lo scanner può catturare circa 976.000 punti al secondo e li elabora restituendo una simulazione digitale 3D dell'ambiente rilevato, che chiamiamo nuvola di punti.

Successivamente, bisogna spostare il laser scanner nella posizione di scansione successiva, poiché lo scanner può solo catturare solo ciò che è all'interno della sua linea di vista. Prima di acquisire la scansione successiva, bisogna spostare i target nella direzione in cui stiamo muovendo lo scanner per legare questa posizione di scansione a quella successiva. Questi target verranno utilizzati per combinare automaticamente le scansioni multiple in un singolo set di dati inerenti alla condizione dello stato di fatto (As-Built). Per procedere correttamente è fondamentale impostare le caratteristiche dello strumento e definire le porzioni dell'area interessata dal rilievo.

Nello specifico è necessario:

- Definire l'inclinazione dello specchio rotante nella direzione desiderata;
- Definire l'area interessata della mappatura LiDAR;
- Definire la densità dei punti da registrare, definendo la distanza delle scansioni;

Ogni scansione deve essere inizialmente riferita ad un sistema di riferimento, posizionando l'origine nel centro "strumentale" e con un orientamento casuale.

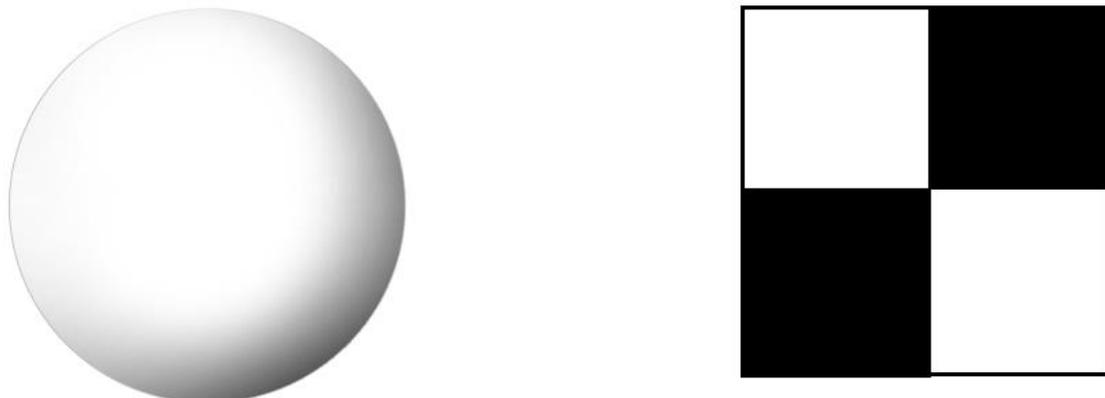
Per far sì che i dati rilevati da diverse postazioni siano tra di loro "allineati", è necessario definire i parametri delle trasformazioni geometriche necessarie a riportare le coordinate delle varie scansioni in un unico sistema. Il sistema di riferimento finale può anche coincidere con quello di una delle scansioni eseguite, ma può anche essere differente dalle acquisizioni precedenti.

Per eseguire una corretta trasformazione (la posizione di scansione e l'orientamento) della nuvola sarà necessaria la presenza di almeno tre punti comuni per ciascuna scansione, tramite il posizionamento e la determinazione di target riconoscibili nell'ambiente.

Le coordinate sono assegnate ad un determinato sistema di riferimento per la registrazione, che può essere il sistema di una particolare scansione scelta come riferimento o un sistema esterno estratto dalla rete topografica.

Questa tipologia di laser scanner può operare su due assi (Fig. 7) e grazie alla loro combinazione è caratterizzato da un raggio d'azione a 360°, fatta eccezione unicamente per il cono d'ombra che il treppiedi (che sorregge il supporto) e lo strumento stesso generano verso il basso. Per ovviare a tale problematica è possibile colmare queste lacune eseguendo successive scansioni in aree limitrofe.

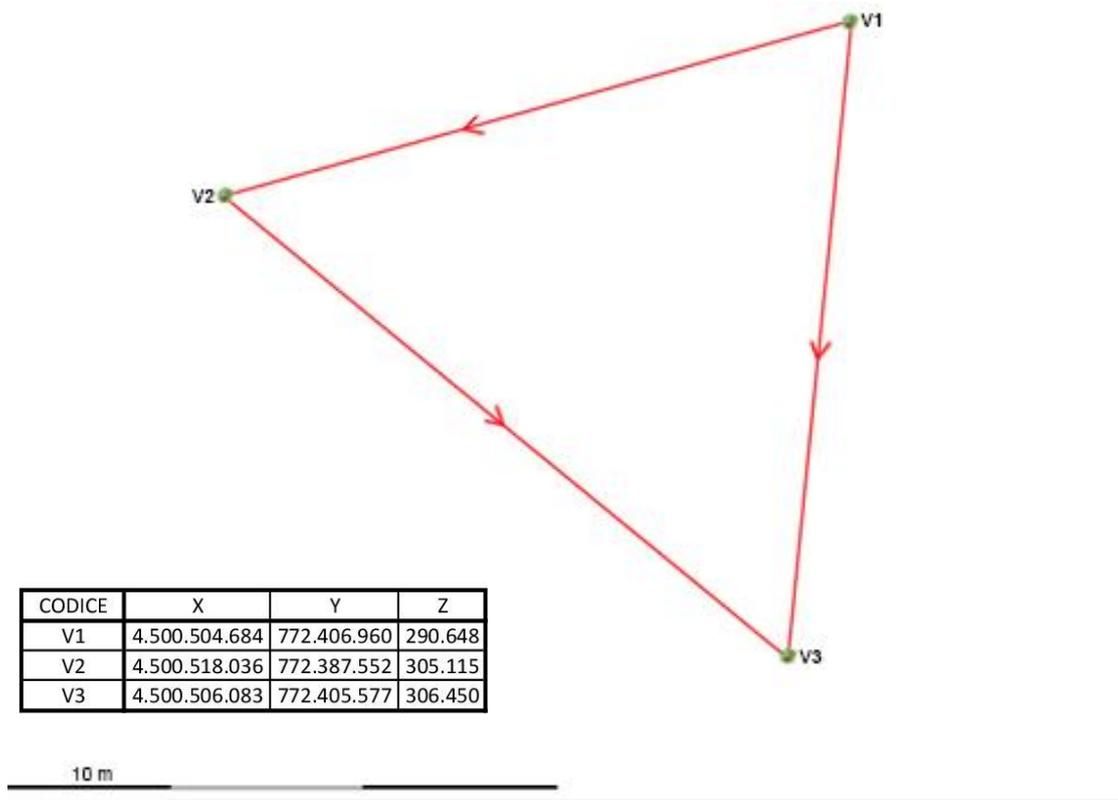
Per il funzionamento della trasformazione spaziale o in altre parole, la roto-traslazione delle scansioni in un altro sistema di riferimento, è importante contrassegnare particolari punti di riferimento o oggetti. Infatti, i riferimenti comuni sono caratteristiche naturali come angoli, punti angolari o porzioni geometriche di alcuni elementi degni di nota. Questi punti devono però essere visibili perfettamente e devono essere marcati con specifici "target". Solitamente essi sono dei bersagli quadrati a scacchiera per le superfici verticali o sfere bianche sui pavimenti (Fig.8).



(Fig. 8 – Target sferico (sinistra) utilizzato per pavimenti; a destra, target a scacchiera utilizzato per superfici verticali).

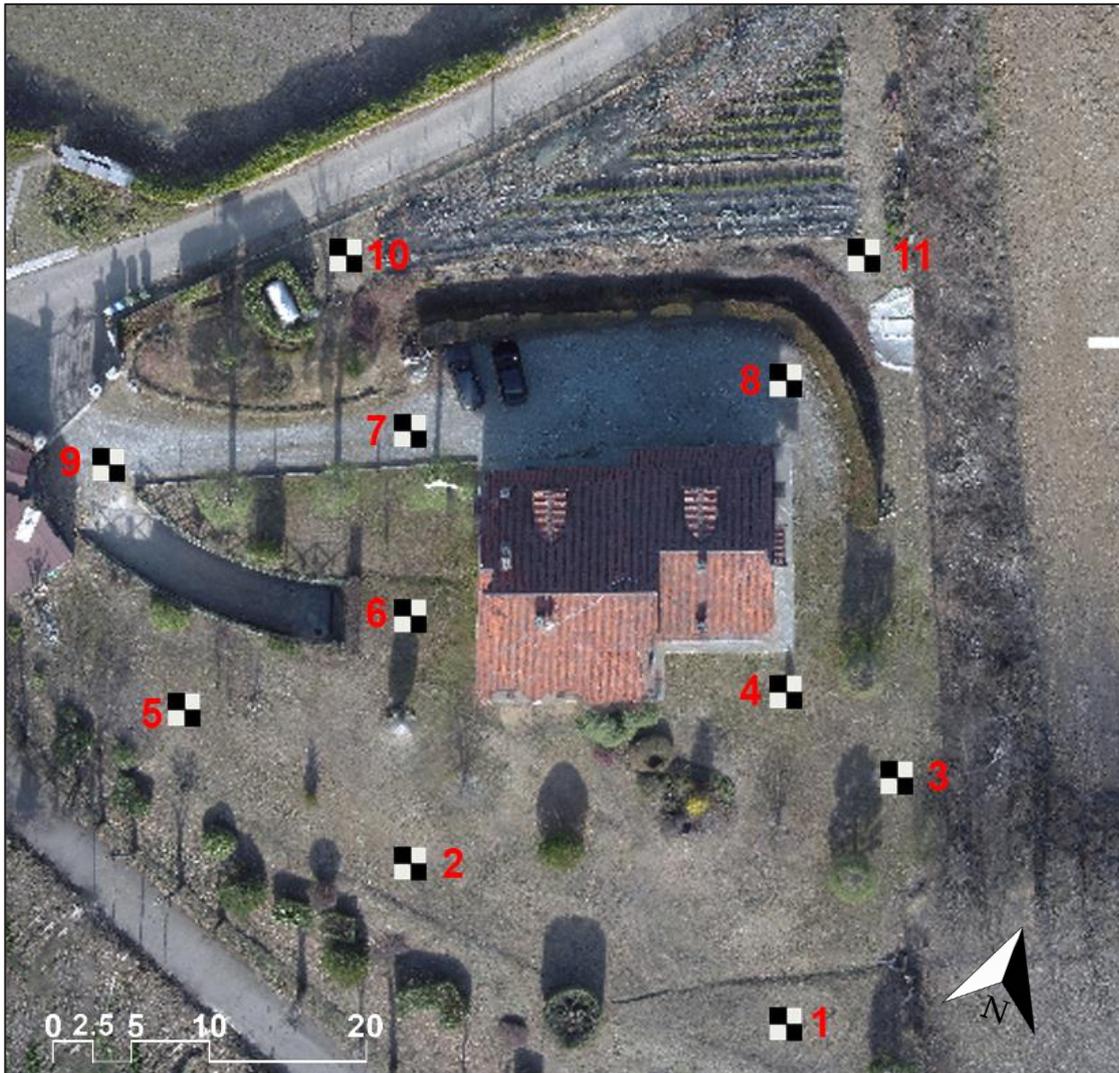
### 3.4 Rilievo fotogrammetrico UAV di Villa Mirabello

Il rilievo di Villa Mirabello è stato svolto dal sottoscritto, con il supporto di un team di geometri dello studio Ab-Effe. Al fine di disporre di alcuni punti di riferimento per tutte le attività di rilievo, è stata installata una rete di inquadramento, composta da tre vertici denominati V1, V2 e V3. I vertici sono stati materializzati con un tassello metallico con rondella, inserito nel terreno. I tre vertici sono stati occupati, in maniera alterna, con due ricevitori GNSS di tipo Leica GPS 1200, con un tempo di stazionamento medio pari a 20 minuti, in modalità RTK (Real Time Kinematic). La rete topografica è stata georeferenziata nel sistema di riferimento WGS84.

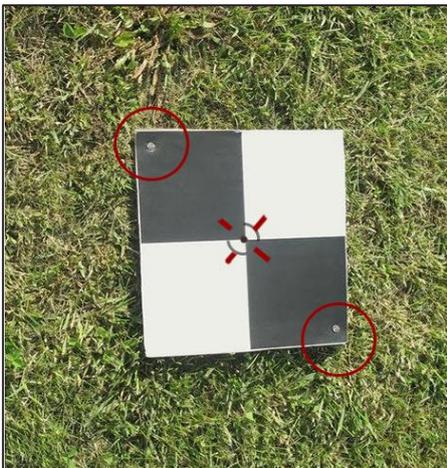


(Fig. 9 – Rete di inquadramento di Villa Mirabello, composta da 3 vertici).

In data 18 dicembre 2018 è stato eseguito il rilievo fotogrammetrico digitale dell'intero lotto di Villa Mirabello. Prima di procedere con le fasi operative di volo per acquisire i fotogrammi necessari, sono stati posizionati e in seguito misurati tramite stazione totale 11 marker. I target sono stati disposti in modo omogeneo sull'intero lotto, posizionati in zone facilmente visibili durante la fase di acquisizione dei fotogrammi aerei tramite UAV (Unmanned Aerial Vehicle).



(Fig. 10 – Disposizione planimetrica dei punti di controllo, rilevati tramite stazione totale).



CODICE	X	Y	Z
GCP1	4.500.504.684	772.406.960	290.648
GCP2	4.500.527.191	772.432.375	294.113
GCP3	4.500.559.235	772.421.694	296.157
GCP4	4.500.546.265	772.360.659	297.113
GCP5	4.500.534.821	772.355.032	300.483
GCP6	4.500.489.426	772.478.580	301.504
GCP7	4.500.521.851	772.381.973	302.451
GCP8	4.500.529.861	772.369.957	302.654
GCP9	4.500.518.036	772.387.552	305.115
GCP10	4.500.514.984	772.392.273	306.116
GCP11	4.500.506.083	772.405.577	306.450

(Fig. 11 – Target utilizzato per il rilevamento dei punti di controllo a terra).

(Fig. 12 – Tabella delle coordinate dei punti di controllo GCPs rilevati).

Per la determinazione dei GCPs sono stati utilizzati dei target a scacchiera (Fig.10-11), stampati su un supporto rigido in cartone e fissati a terra con dei picchetti in metallo in corrispondenza degli angoli per impedirne lo spostamento. Al centro è presente un foro circolare che funge come guida per la determinazione del punto di controllo terra. I target sono stati posizionati a terra, cercando di collocarli su aree del terreno pianeggianti e ben visibili dall'acquisizione aerea. La griglia dei GCPs da me prevista, è stata articolata in 11 punti: 7 posizionati lungo il perimetro del lotto e 4 sui vertici dell'edificio.

#### 3.4.1 Workflow del volo

Per il primo caso studio, ovvero Villa Mirabello, essendo essa posizionata in un'area rurale, nella periferia della città di Moncalieri, in assenza di agglomerati urbani nelle circostanze e di strutture sensibili come centrali elettriche o tralicci elettrici, è stato possibile effettuare un rilievo aereo tramite drone, mediante l'autorizzazione del proprietario dello stabile.

Per effettuare il rilievo è stato utilizzato un drone economico Xiaomi 4K. Lo Xiaomi Drone 4K, pesa meno di 1,5 Kg ed è leggermente più grande di un Phantom 4 (drone più venduto in commercio). La velocità massima dichiarata è di 18 metri al secondo (circa 65 km/h) ed è dotato di GPS, permettendo una grande stabilità anche in presenza di vento e di un sensore ottico altimetrico e sensori di prossimità, per migliorare le prestazioni durante il rilievo, anche in assenza di segnale satellitare e negli ambienti indoor.

Inoltre, il Drone Xiaomi 4K possiede un sistema di limitazione di volo denominato "geo-fence", che impedisce automaticamente le operazioni di volo in aree in cui è vietato dalla legge, riportate solitamente con il termine inglese "no-fly zones".

## Xiaomi Drone 4K



Tipologia di drone	Quadri-rotore
Peso senza carico	1,5 kg
Peso massimo al decollo	3,5 kg
Lunghezza delle eliche	16 cm
Altezza	30 cm
Larghezza	35 cm
Fotocamera integrata	Xiaomi 4K, risoluzione 4000x3000
Gimbal	Tri-assiale
Distanza focale (h)	8,9 mm
Larghezza sensore (l)	24,5 mm
Altezza sensore	20 mm
Durata media batteria	27'
Velocità massima	65 km/h
Prezzo medio	400 €

Per poter procedere correttamente con la fase di rilievo fotogrammetrico aereo è stato necessario individuare la GSD (Ground Sample Distance) e la scala di definizione delle immagini (Sd), in base alla scala del disegno di rilievo legate all'ipotesi progettuale (Sr).

In un'orto-foto, la Ground Sample Distance rappresenta la distanza tra il centro di due pixel tra loro consecutivi ed è espressa in mm, ovvero indica la quantità di superficie del terreno contenuta in un pixel dell'immagine. È facilmente intuibile come esista un rapporto di proporzionalità inversa tra il valore GSD e la risoluzione delle immagini, perciò quanto più piccolo è il GSD, tanto più dettagliata è l'informazione racchiusa all'interno del relativo pixel.

In funzione delle finalità del rilievo è dunque fondamentale stabilire a priori, quale sarà la definizione finale del prodotto da ottenere, ossia la scala di restituzione. La scala di restituzione sarà infatti diversa a seconda che si tratti di un rilievo territoriale, architettonico o di dettaglio (come ad esempio per il rilievo delle decorazioni neoclassiche della facciata dell'RSA del Trompone).

La formula sperimentale per definire l'altezza di volo, in base alla scala di restituzione (Sr) è la seguente:

$$Sd = k \times \sqrt{Sr} \quad [\text{mm/px}]$$

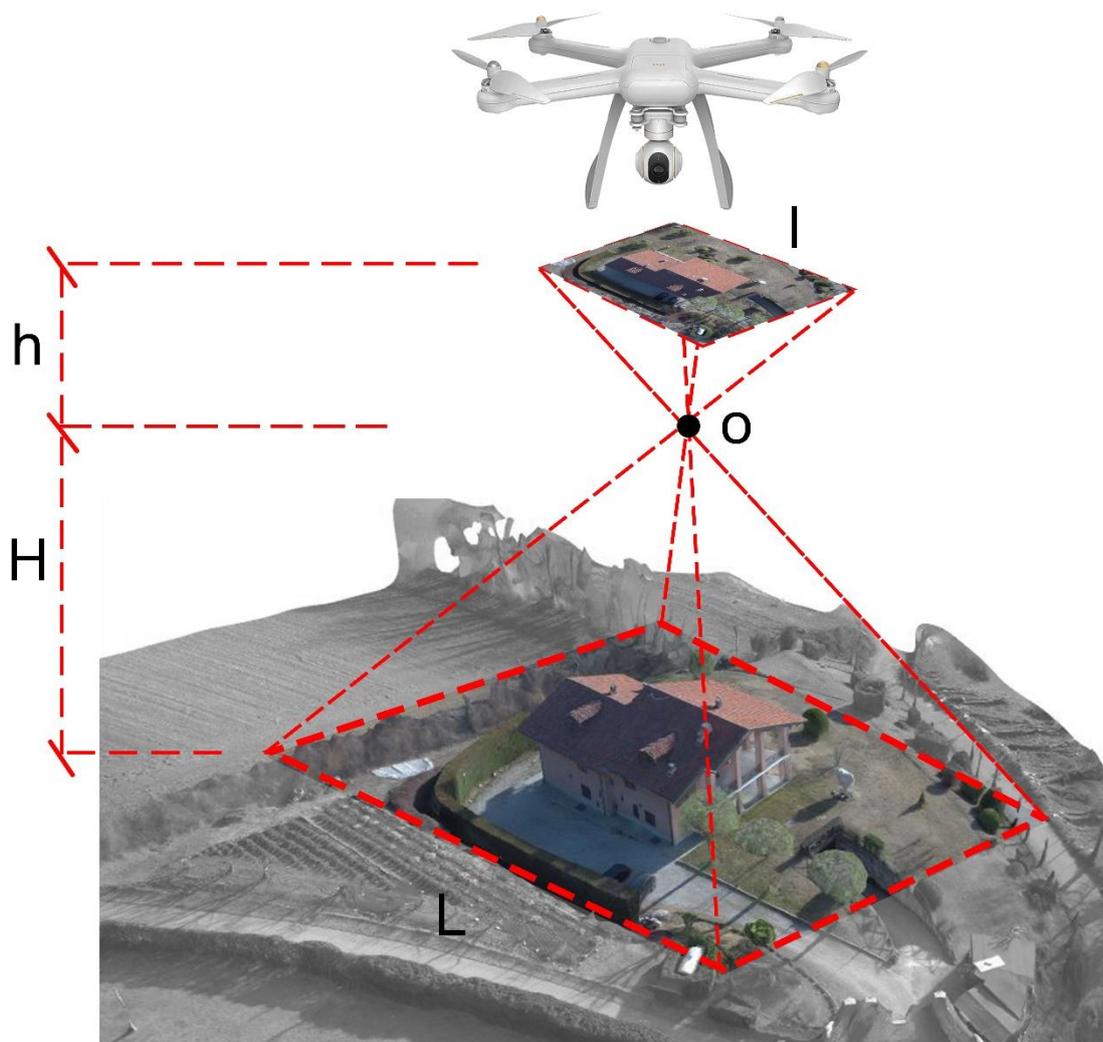
$$Sd = \text{GSD} / d \quad [\text{mm/px}]$$

$$\text{GSD} = (H \times d) / h \quad [\text{mm/px}]$$

$$\mathbf{H = (GSD \times h) / d \quad [m]}$$

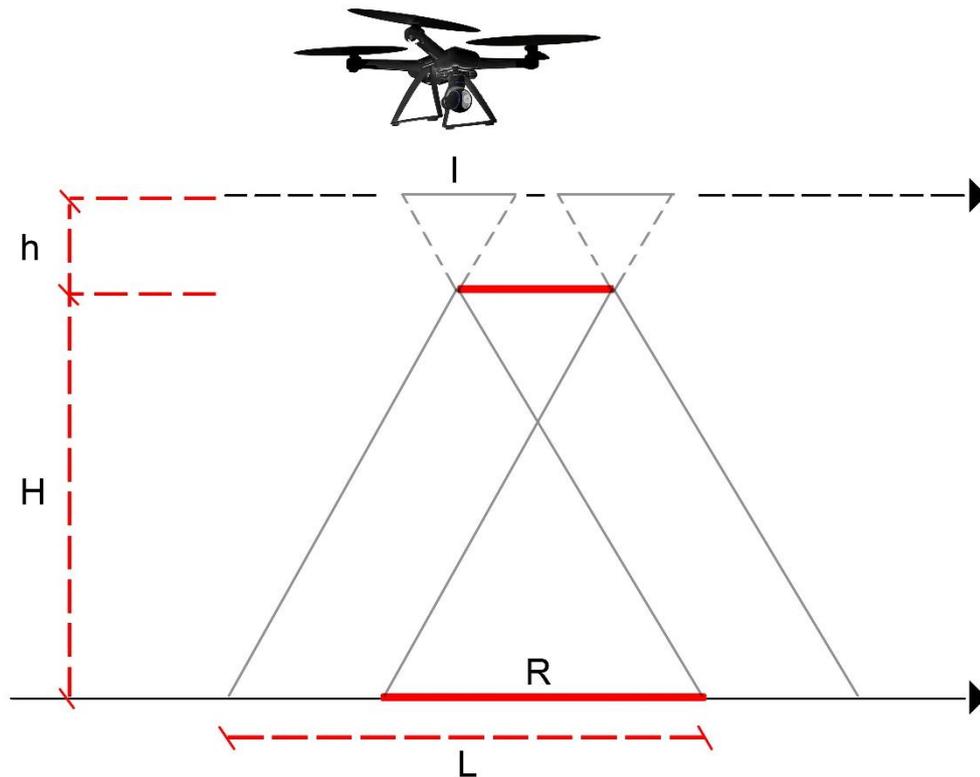
Dove h è la lunghezza focale delle fotocamera, d è la grandezza di un pixel dell'immagine, H è la distanza tra il punto di presa "O" e il suolo (Fig.13). K è un parametro sperimentale riferito alla Sr desiderata: se Sr < 1:2000, il valore di k è compreso tra 200 e 300; se Sr >2000, k è compreso tra 150 e 200.

Per effettuare la ripresa fotogrammetrica aerea si è scelto di arrivare a una scala di restituzione di 1:200, data l'assenza di decorazioni notevoli o dettagli costruttivi degni di nota e in base alle finalità dell'ipotesi progettuale.



(Fig. 13 – Schema grafico tipo per la determinazione della GSD e Sd ottimale).

Come si può evincere dalle tabelle di calcolo Excel, riportate nell'Allegato 2, è risultato necessario avere una GSD media di circa 7,4 mm/px con una scala di definizione delle immagini di circa 2800 mm/px. Questi parametri sono stati calcolati tenendo in considerazione le caratteristiche operative del drone ed i parametri legati alla qualità di ripresa della fotocamera integrata all'aeromobile.



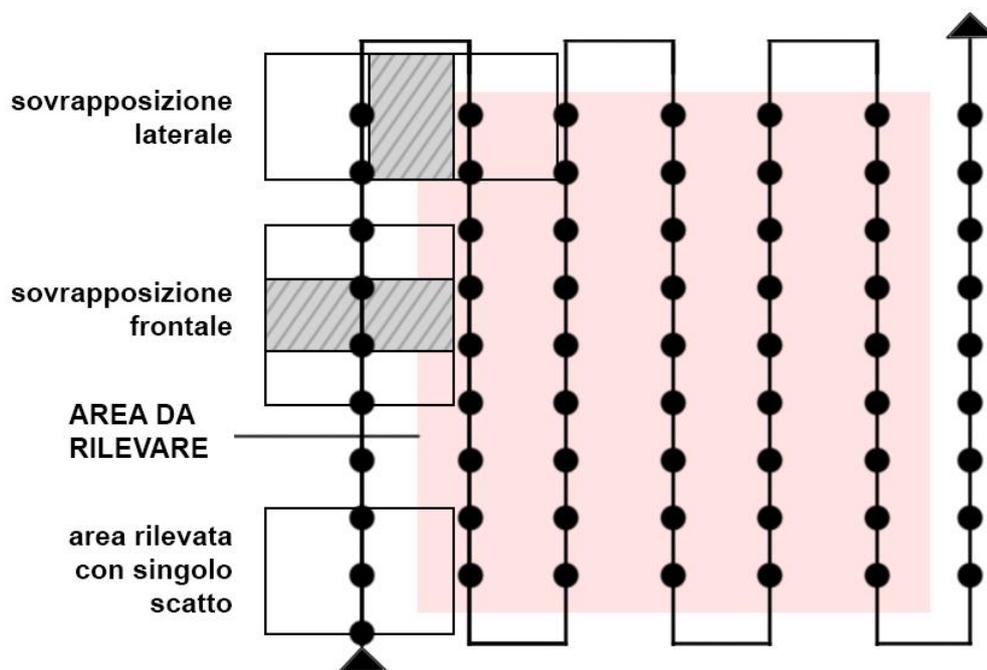
(Fig. 14 – Schema di acquisizione delle immagini per ottenere strisciate fotogrammetriche sovrapposte).

Prima di procedere con le fasi operative di volo per acquisire i fotogrammi necessari, sono stati posizionati e in seguito misurati tramite stazione totale marker topografici. Tali target sono stati disposti in modo omogeneo sull'intero lotto, posizionati in zone facilmente visibili durante la fase di acquisizione dei fotogrammi, scattati dalla fotocamera dell'aeromobile. Le immagini fotografiche acquisite durante i voli eseguiti dal drone contengono in media 5 dei punti rilevati ciascuna. Per scattare le fotografie in maniera ottimale, i voli devono essere effettuati seguendo traiettorie rettilinee, tra di loro parallele. Le foto vengono scattate in rapida successione con intervalli di tempo predefiniti. Questa serie di fotografie, riprese lungo una determinata direzione, viene definita "striscia fotogrammetrica". Ogni porzione lotto da rilevare deve essere fotografata da due punti di presa successivi, viene rappresentato dunque su almeno due fotogrammi contigui.

La porzione di area sovrapposta (R) viene definita *Overlap* (ricoprimento), mentre la distanza tra due punti di presa contigui è detta "base di presa" (Fig.14).

Grazie all'utilizzo di un'applicazione digitale (App) dedicata alla gestione del piano di volo del drone è stato possibile programmare e pianificare la missione precedentemente alla fase operativa. Tale procedura ha permesso di risparmiare tempo e di prepararsi efficacemente in previsione del sopralluogo. Per migliorare la qualità dell'elaborazione digitale finale, la missione aerea è stata eseguita con condizioni di illuminamento omogeneo ovvero con volta celeste uniformemente coperta dalle nubi, evitando così problemi legati ai contrasti di luminanza, che potrebbero causare imprecisioni durante l'elaborazione della nuvola di punti.

Il tempo di acquisizione delle immagini è stato impostato in modo tale da ottenere una sovrapposizione all' 80% con quelle precedenti. Questa tipologia di volo viene definita volo a "way-points" in quanto il drone esegue una "strisciata fotogrammetrica" lineare all'interno di un determinato confine, seguendo le indicazioni di volo impostate precedentemente e scattando le foto in modalità automatica.

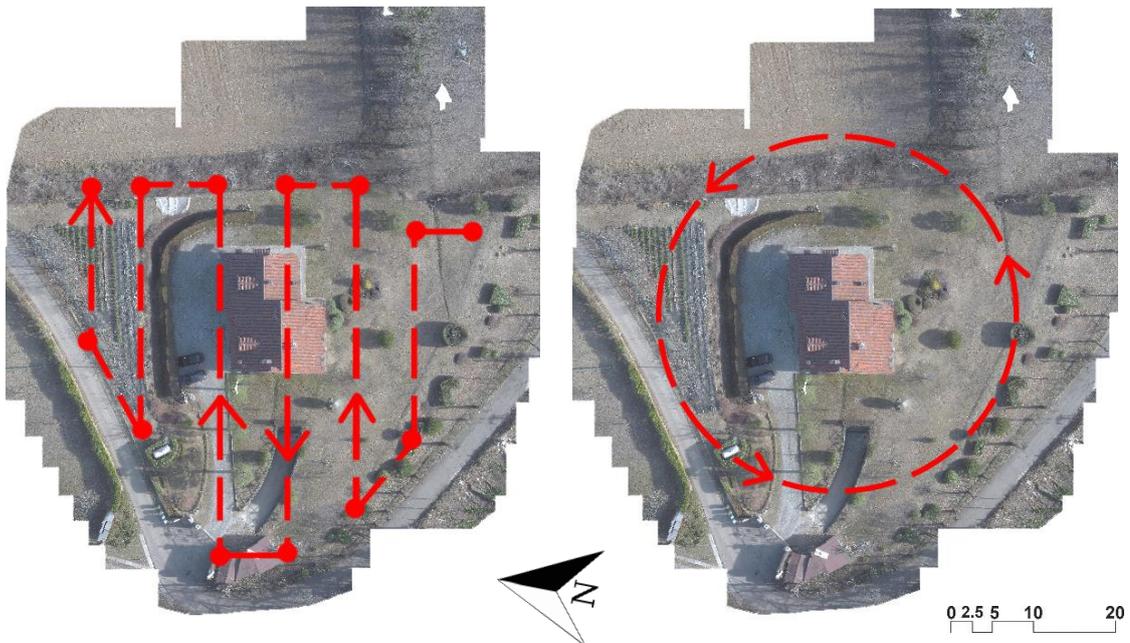


(Fig. 15 – Schema del piano di volo per ottenere strisciate fotogrammetriche sovrapposte).

Dopo aver messo in sicurezza l'area sono stati posizionati i target per i punti di controllo, battuti tramite stazione totale, dopodiché è stato

caricato il Fly-log, ovvero il percorso di volo precedentemente configurato tramite un'app,

interamente dedicata al drone, permettendo all' aeromobile di eseguire in modalità di volo automatico il percorso necessario all'acquisizione delle immagini.



(Fig. 16 – Percorsi di volo: Nadirale a sinistra; Orbitali con asse d'inclinazione a  $45^\circ$  a destra).

Il volo con pilota automatico è fondamentale per la stabilità dell'aeromobile e per massimizzare la qualità delle immagini scattate, che saranno la base della futura elaborazione della nuvola di punti.

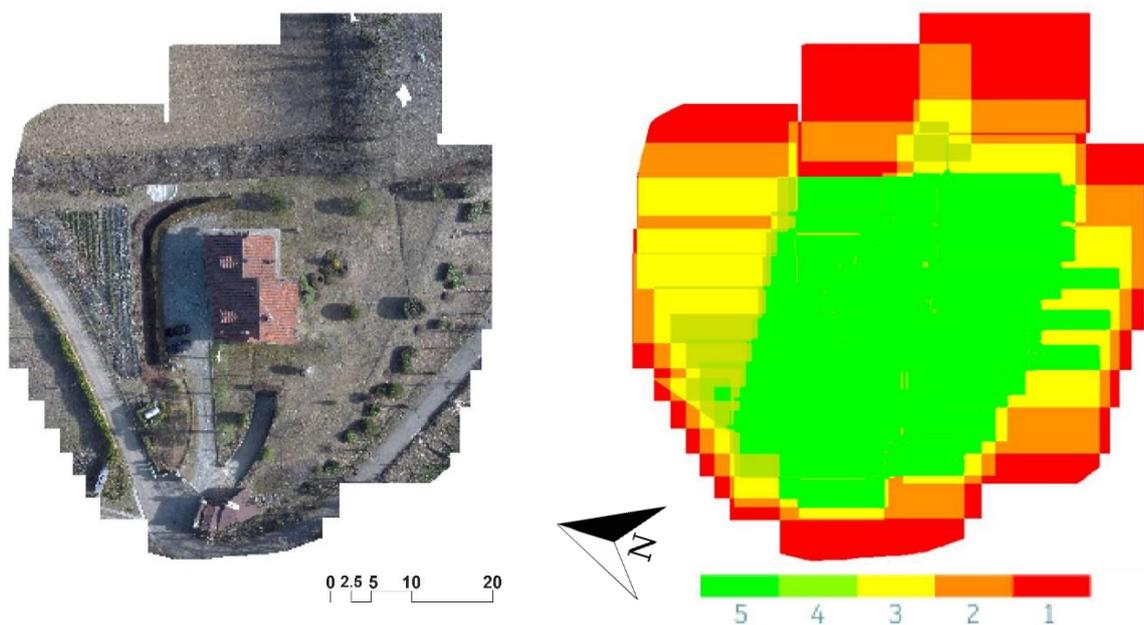
Per prima cosa è stato eseguito un volo (durata 16 minuti) con punto di presa nadirale, ovvero con inclinazione della telecamera a  $90^\circ$  (perpendicolare al suolo), mantenendo una quota stabile di 40 m (Fig.16). In questa modalità sono state scattate 81 fotogrammi.

Successivamente sono stati realizzati due voli orbitali (durata totale 10 minuti) con inclinazione dell'asse di presa a  $45^\circ$ , impostando le altezze di volo a 25 m per il primo e 15 m per il secondo, con un raggio medio tra il sensore e l'oggetto rilevato di 10 m. In questa modalità sono stati invece acquisiti 48 fotogrammi.

Per permettere al software di elaborazione delle nuvole di punti di integrare i dati estrapolati dai due voli orbitali con quello nadirale e dunque per massimizzare la resa dell'elaborato 3D finale, è risultato necessario eseguire l'acquisizione delle immagini con condizioni di illuminamento identiche, cercando di eseguire l'intero rilievo nella stessa giornata.

I dati estratti dalla fotocamera del drone sono stati inseriti nel software di calcolo Pix4D per eseguire l'elaborazione della nuvola di punti. Qui di seguito viene riportato il report di analisi (Fig.17) della sovrapposizione delle immagini scattate, estratto direttamente dal software Pix4D.

A sinistra è possibile vedere l'orto-foto del lotto, con porzioni dei lotti ad esso contigui, mentre a destra è stato elaborato un grafico di sovrapposizione, indicando le percentuali con una scala cromatica dal rosso (0-20%) al verde (80-100%).



(Fig. 17 - Report di sovrapposizione delle immagini, elaborata tramite Pix4D).

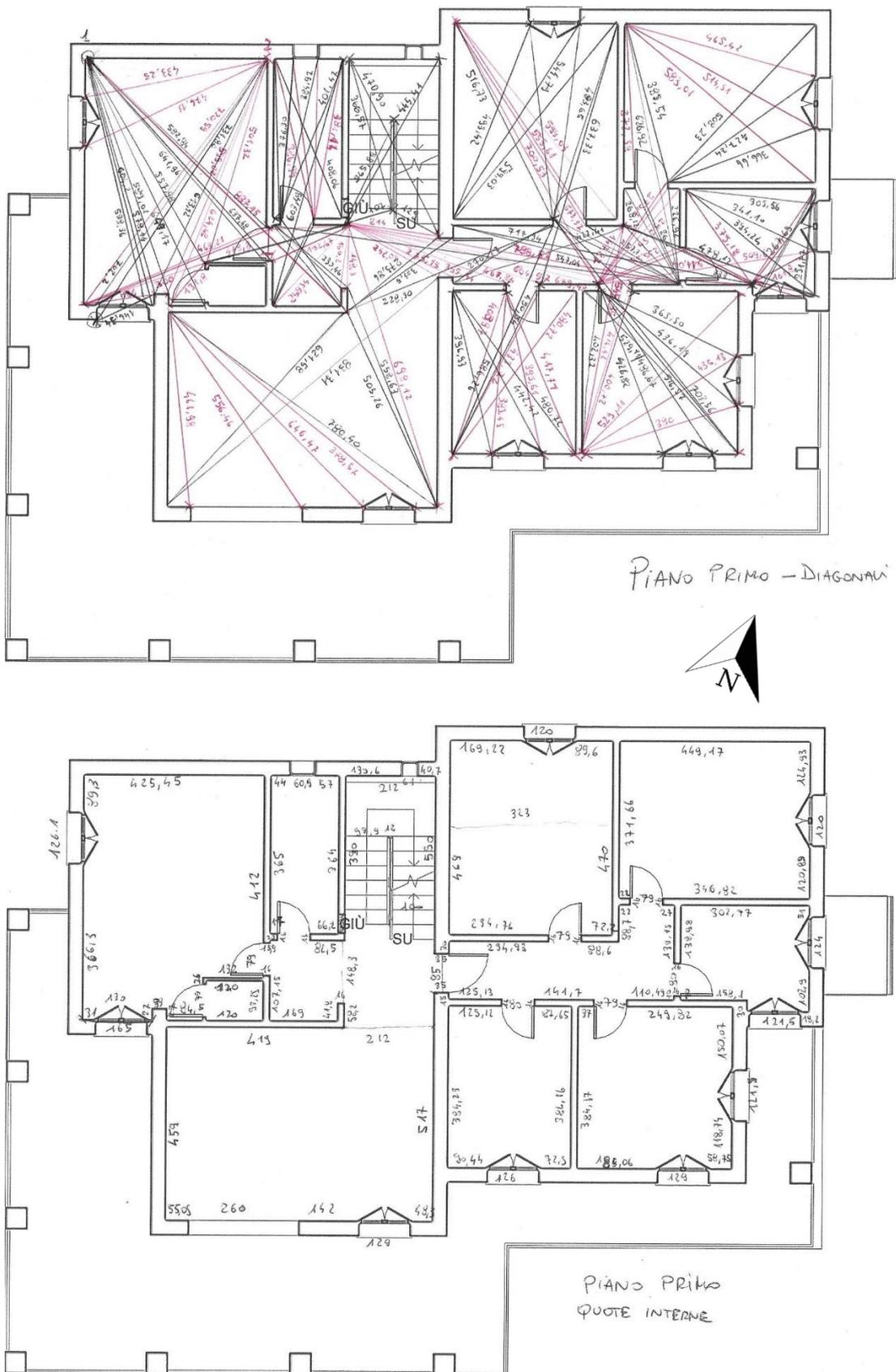
### 3.4.2 Trilaterazione manuale degli interni di Villa Mirabello

Per quanto riguarda invece il rilievo delle parti interne delle unità abitative della villa, la scelta della tecnica di rilievo è ricaduta su un rilievo manuale, tramite l'utilizzo di distanziometri laser. Tale scelta è stata attuata sia per ragioni legate alla notevole presenza di ingombri interni dovuti al posizionamento degli arredi fissi, sia per ragioni legate alla semplice geometria dei locali, basata su un impianto planimetrico caratterizzato da forme semplici perlopiù squadrate e rettangolari. Come si può notare dall'immagine riportata nella pagina successiva (Fig. 18), si è proceduto mediante uno schema di trilaterazione di dettaglio basata sulla misurazione delle diagonali interne delle singole stanze.

“Il rilievo per trilaterazione si basa sul principio dell'indeformabilità del triangolo. Una volta note le misure dei lati esisterà infatti una sola configurazione possibile tra le tre misure rilevate. Il triangolo è infatti basato su uno schema geometrico rigido e può essere definito anche solo tramite la misurazione dei suoi tre lati. Quando si vuole compiere un rilievo di un ambiente interno è necessario rilevare tutte le misure perimetrali e le diagonali interne del locale, riportando le misure in riferimento ad uno dei lati, individuato come asse di appoggio. Subito dopo si può procedere con il rilievo di dettaglio. Se invece non fosse possibile rilevare le diagonali interne direttamente, sarà opportuno dividere l'ambiente in triangoli più piccoli.” (M. Docci, D. Maestri, Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Roma, 1998)

Data la presenza di arredi fissi a muro, in alcuni casi non è stato possibile effettuare la misurazione diretta delle diagonali della stanza. In tali occasioni sono stati definiti dei punti fissi provvisori, disegnati a terra mediante l'ausilio di una matita. Grazie a questi punti è stato possibile tracciare a terra degli assi di appoggio e successivamente sono stati rilevati i punti notevoli che definiscono le caratteristiche geometriche del locale, triangolando i vertici di ogni locale in base ai punti fissi individuati su tali tracciati di appoggio.

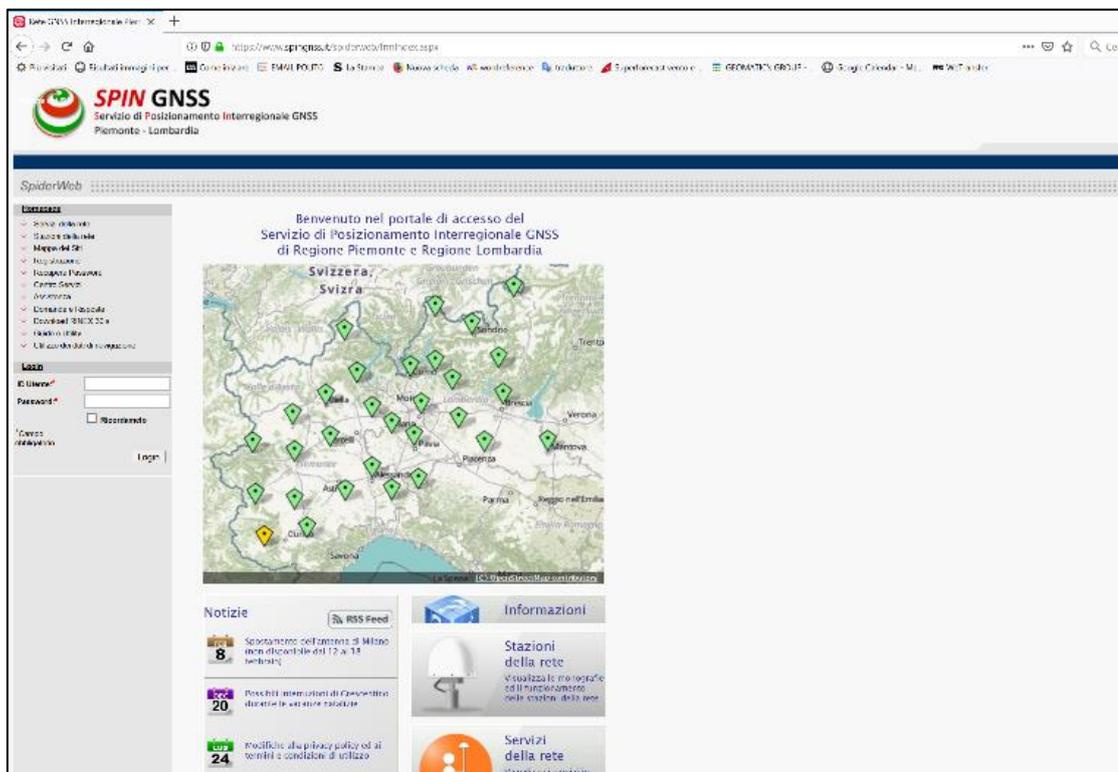
Tali informazioni sono state poi integrate con le coordinate della nuvola di punti ricavata tramite fotogrammetria aerea e terrestre.



(Fig. 18 - Eidotipo della trilaterazione manuale interna, unità abitativa localizzata al Piano primo).

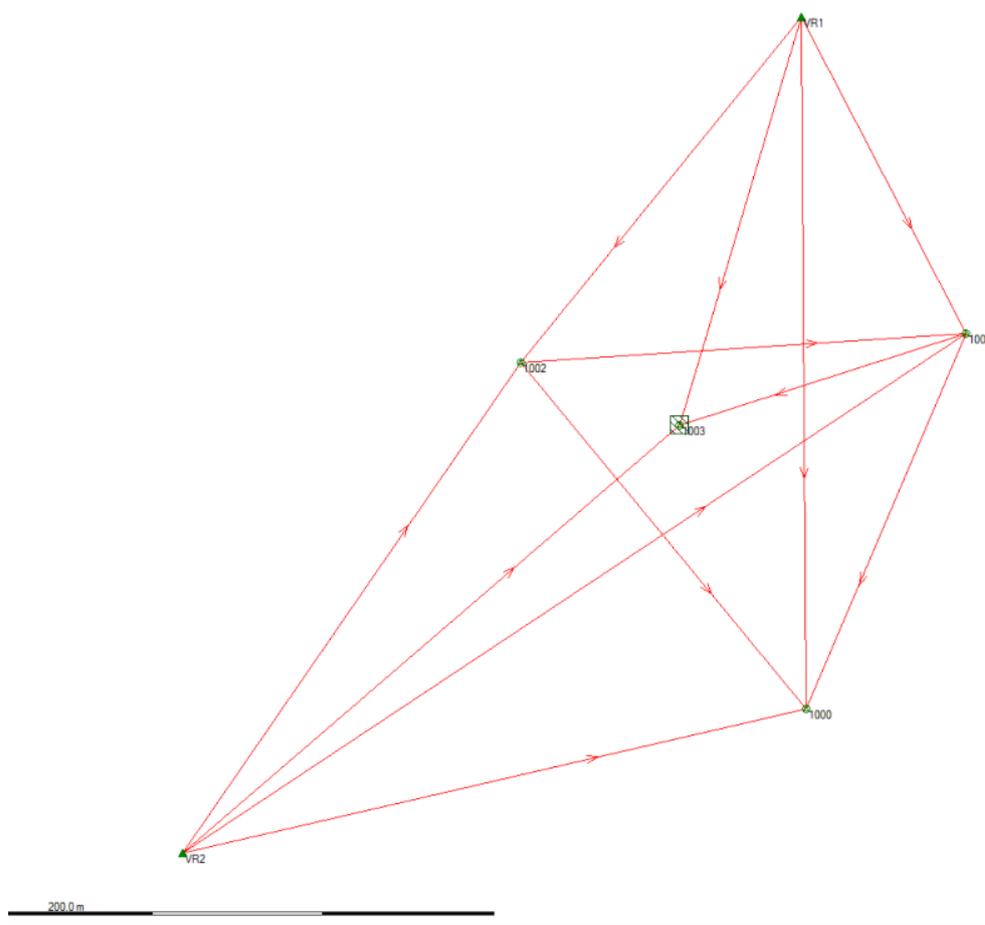
### 3.5 Rilievo aereo e terrestre del Santuario del Trompone

Il rilievo aereo del complesso del Santuario del Trompone è stato svolto dal Team del DIATI del Politecnico di Torino. Data la vastità del lotto, la complessità del complesso edilizio e la presenza di pazienti ricoverati all'interno della struttura, il rilievo è stato svolto solo nelle aree esterne (involucro edilizio del complesso e superficie del terreno). Al fine di disporre di alcuni punti di riferimento per tutte le attività di rilievo, è stata installata una rete di inquadramento, composta da 5 vertici denominati 1000, 1001, 1002, 1003 e 1004. I vertici sono stati materializzati con un chiodo (dotato di apposita rondella), installato nel terreno. Tutti i punti sono stati occupati, in maniera alterna, con due ricevitori GNSS (Global Navigation Satellite System) di tipo LEICA 1230 in simultaneo, con un tempo di stazionamento medio pari a 30 minuti. I dati sono stati successivamente elaborati, utilizzando i servizi della rete interregionale SPIN-GNSS (Supporto di Posizionamento Interregionale).



(Fig. 19 – Immagine della schermata iniziale del portale web SPIN-GNSS, tratta da <https://www.spingnss.it/spiderweb/frmIndex.aspx>).

In particolare, sono state create 2 stazioni virtuali (V-RINEX) con coordinate nelle dirette vicinanze dell'edificio de Santuario del Trompone, in maniera da minimizzare la lunghezza della "base-line". Virtual RINEX è un prodotto per le applicazioni di post-elaborazione GNSS, utile se la distanza tra il Rover e antenna è superiore a 30 km. La V-RINEX è un file digitale, creato sulla base di dati reali, da un software che gestisce reti di sistemi di riferimento operativi, tra loro continui.



(Fig. 20 – Rete di inquadramento composta da 5 vertici, realizzata dal team DIATI).

Le baselines sono state stimate con il software LGO (Leica Geo Office) e compensate ai minimi vincoli. I punti della rete sono stati stimati in un sistema di riferimento congruo con la rete SPIN, vale a dire ETRF2000, UTM WGS84 F32. La precisione media delle coordinate stimate è stata pari a 3 mm in planimetria e 5 mm in altimetria, ad esclusione del punto 1003 (cortile interno), che presenta una precisione di 1 cm in planimetria e 3 cm in altimetria.

## Dji Phantom 4 Drone

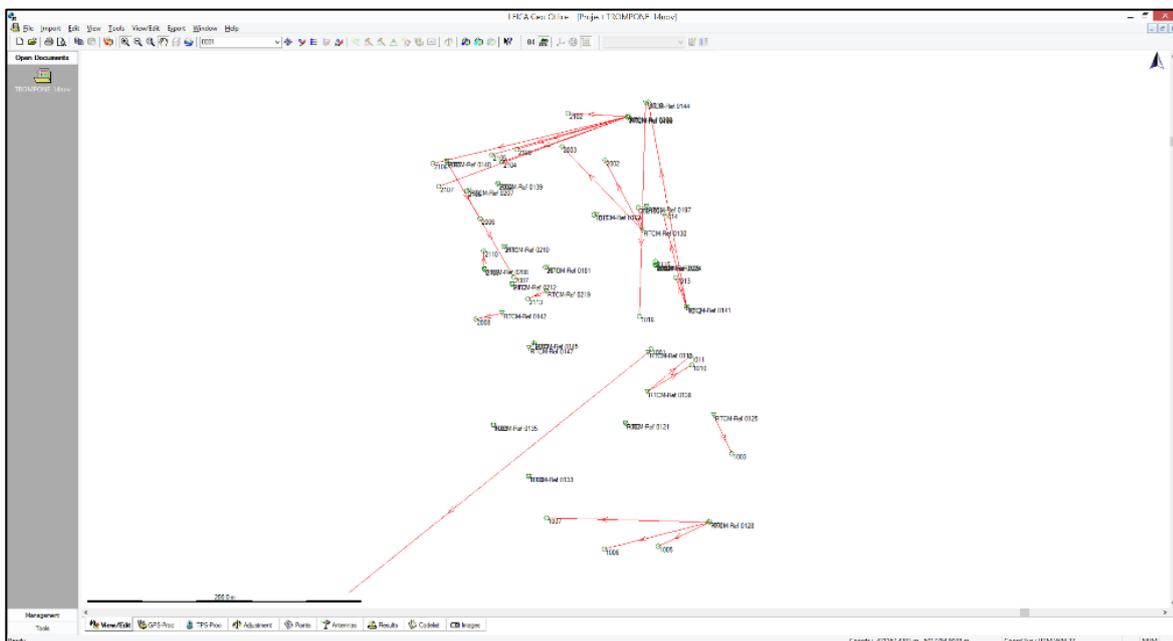


Tipologia di drone	Quadri-rotore
Peso senza carico	1,4 kg
Peso massimo al decollo	3,5 kg
Lunghezza delle eliche	13 cm
Altezza	21 cm
Larghezza	29 cm
Fotocamera integrata	DJI FC6310, risoluzione 5472x3648
Gimbal	Tri-assiale
Distanza focale (h)	8,8 mm
Larghezza sensore (l)	24 mm
Altezza sensore	20 mm
Durata media batteria	28'
Velocità massima	56,7 km/h
Prezzo medio	1600 €

Il rilievo fotogrammetrico aereo è stato eseguito utilizzando un UAV della DJI (marchio leader nel settore), modello Phantom 4, con fotocamera integrata della famiglia DJI, modello FC6310, con risoluzione 5472x3648, ISO 100 e focale equivalente pari a 24 mm.

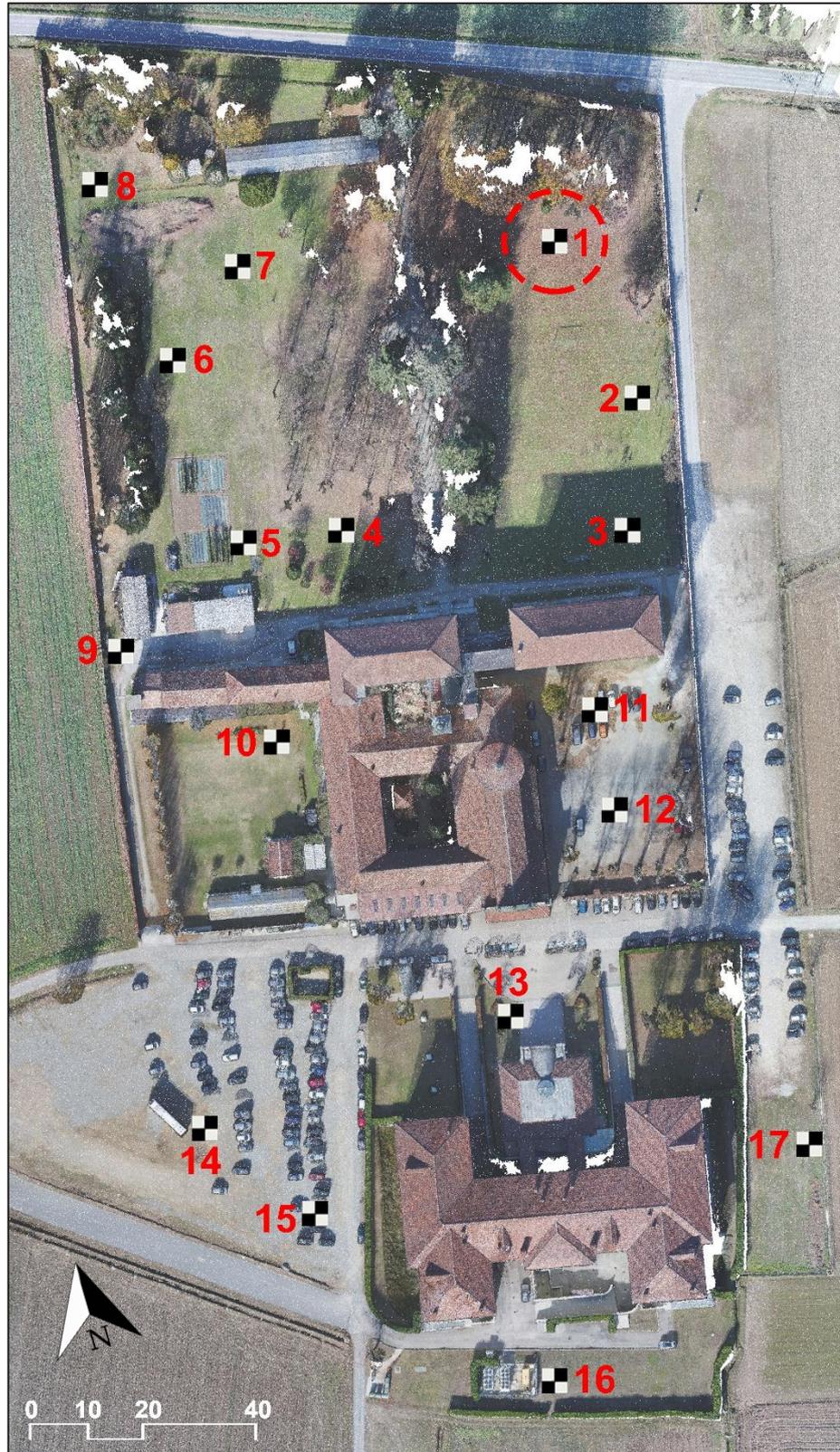
Sono stati effettuati tre voli, composti da molteplici strisciate fotogrammetriche: il primo con camera nadirale, il secondo con camera a 45° e il terzo acquisendo il video in qualità 4K. Oltre al rilievo aereo generale, il quale ha interessato tutto il complesso edilizio del Trompone, si è rilevata la facciata Nord del complesso, facendo volare il drone con traiettorie lineari e parallele alla facciata stessa, realizzando strisciate fotogrammetriche orizzontali.

Al fine di creare una rete di appoggio efficiente per i modelli, sono stati collocati 16 marker artificiali a terra, rilevati mediante GNSS in modalità RTK (Real Time Kinematic), con correzioni differenziali generate dalla rete SPIN-GNSS.



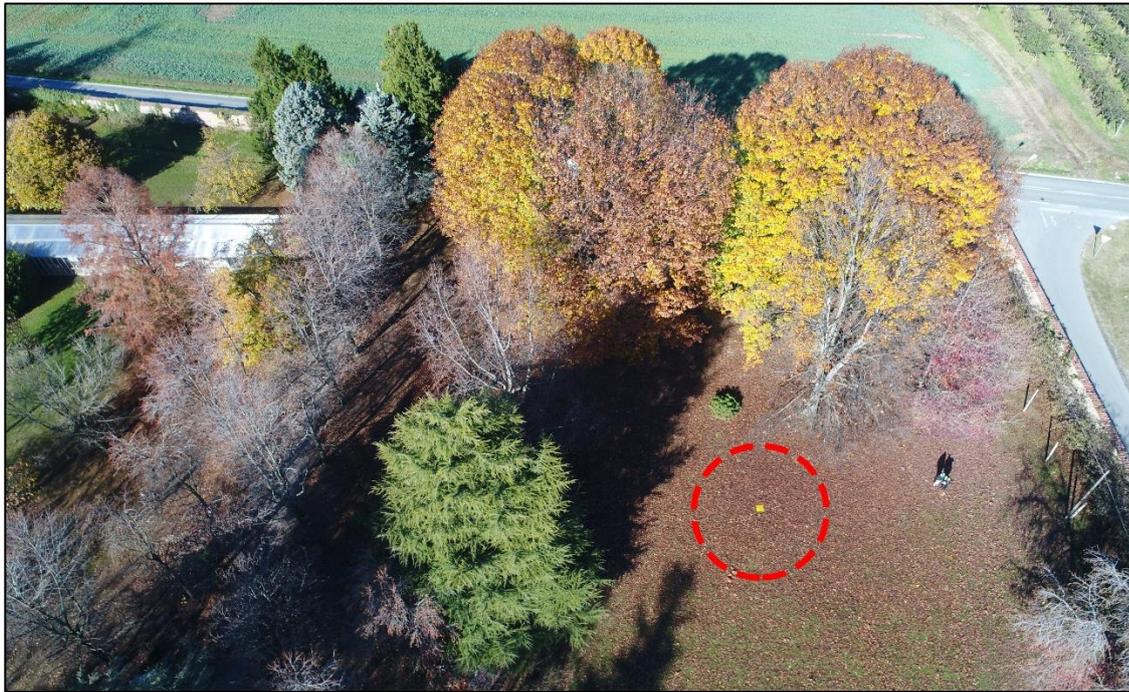
(Fig. 21 – Elaborazione dei punti di controllo con correzioni differenziali generate dalla rete SPIN-GNSS).

I punti hanno precisione media di 1 cm in planimetria e 1,5 cm in altimetria. Il rilievo è stato svolto con 3 squadre in parallelo.



(Fig. 22 – Disposizione planimetrica dei punti di controllo, rilevati mediante GNSS in modalità RTK).

Per quanto riguarda l'appoggio delle facciate, sono stati rilevati dei punti naturali con 2 stazioni totali, tipo CYGNUS 2LS, utilizzando come punti di orientamento, i punti della rete di inquadramento.



(Fig. 23 – Disposizione planimetrica del marker 1, nell'angolo nord-est del lotto).

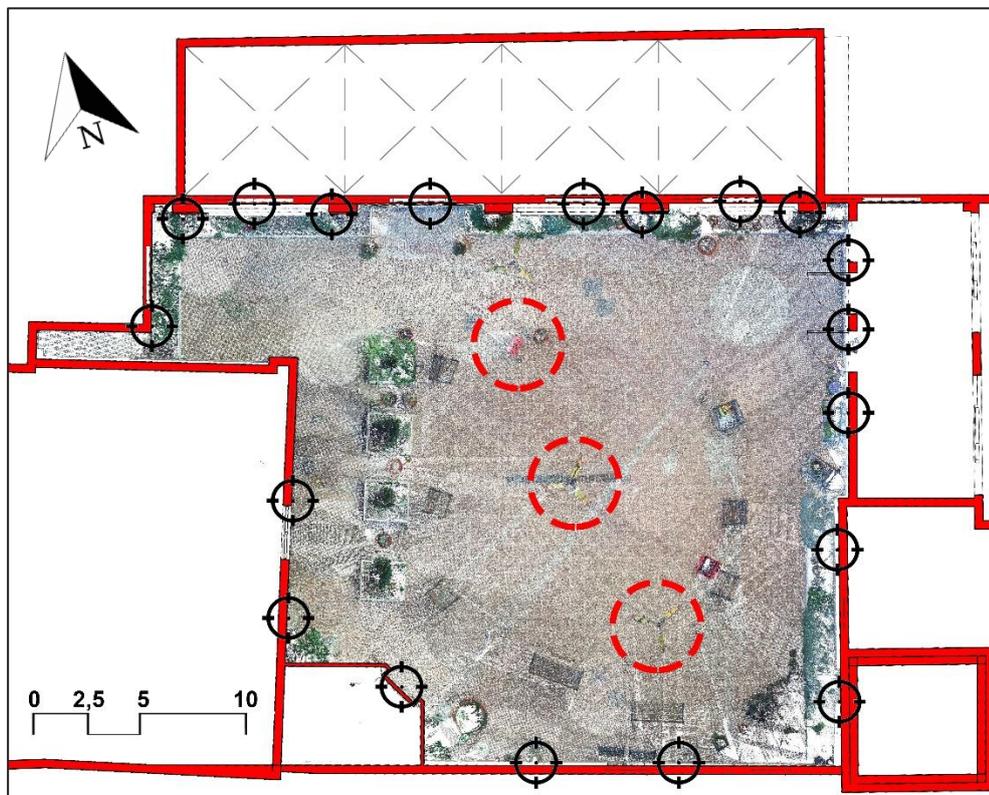


(Fig. 24 – Fotogramma iniziale della strisciata fotogrammetrica orizzontale della facciata Nord del RSA).

I dati delle stazioni totali è sono stati elaborati e compensati con STARNET. Il dato del rilievo RTK è stato estratto con LGO. Le immagini sono state elaborate successivamente tramite l'utilizzo del software Agisoft Photoscan.

## 3.5.1 Rilievo LiDAR della corte interna del RSA

Il rilievo della corte interna è stato eseguito con un FARO 3DCAM, comprensivo di foto a colori in formato RGB. Per effettuare il rilievo laser del cortile interno del Santuario del Trompone, il team del DIATI ha posizionato gli strumenti al centro del cortile, disponendo inoltre degli specifici bersagli nell'ambiente per la definizione dei punti di controllo (Fig.25). Tali target sono stati posizionati sulle pareti interne del cortile (Fig.26), permettendo di orientare le singole scansioni rispetto a dei punti di riferimento, precedentemente rilevati. Questi "bersagli" sono infatti indispensabili per calcolare la roto-traslazione necessaria per l'allineamento delle scansioni. Successivamente si è provveduto ad applicare i parametri della trasformazione all'intera nuvola prima della fase di elaborazione. È importante sottolineare che per ottenere un corretto elaborato finale, è indispensabile una fase di accurata determinazione dei punti controllo, mediante tecnica topografica delle coordinate dei target.



(Fig. 25 – Posizionamento planimetrico delle stazioni totali e dei target nel cortile interno del RSA del Santuario, effettuata dal DIATI del Politecnico di Torino).

I marker sono stati misurati tramite tre stazioni totali. Nello specifico sono state utilizzate una stazione Leica ts06, una Leica ts02 e una Leica Smart station. Al fine di consentire l'orientamento delle stazioni e la stima della loro posizione mediante tecnica "dell'intersezione in avanti", è stato necessario raffittire la rete di inquadramento con tre punti "fittizi", materializzati a terra con nastro adesivo colorato e sono stati posizionati all'interno dei cortili del complesso del Santuario. La posizione di tali punti è stata stimata a partire dai punti di inquadramento precedentemente definiti.



(Fig.27 – Posizionamento dei "Target", ovvero i punti di controllo sulle pareti interne per rilievo laser, effettuata dal DIATI del Politecnico di Torino).

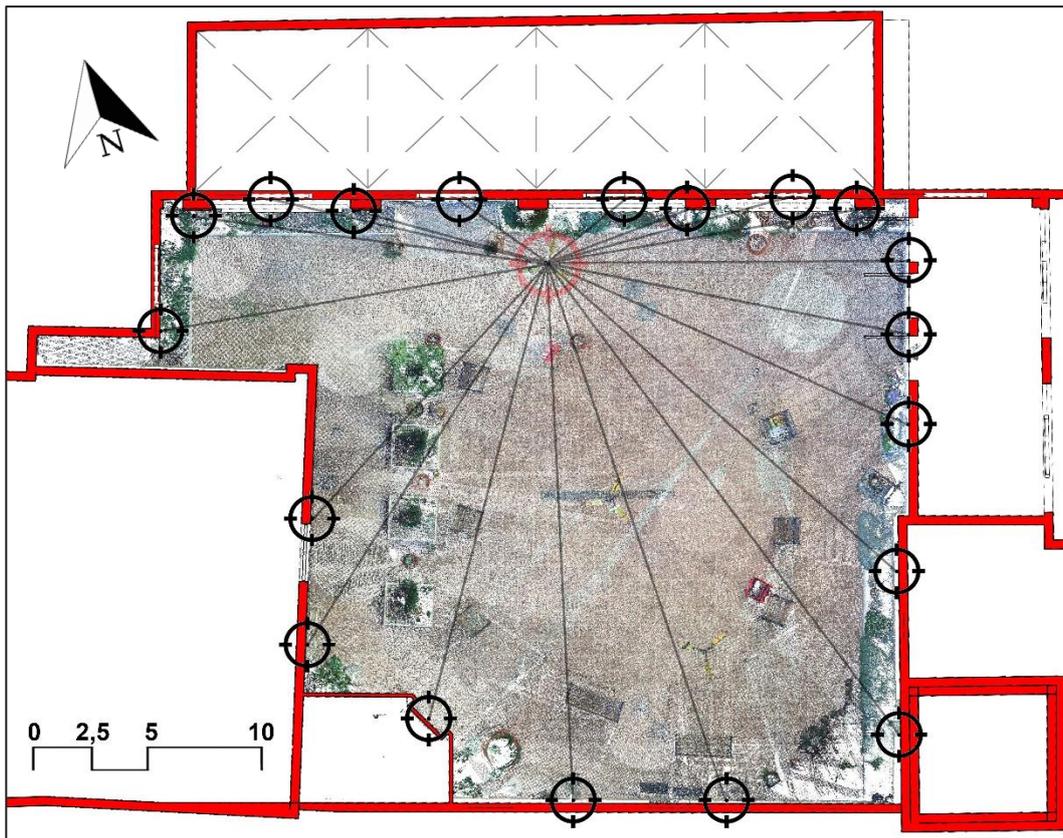
I dati della rete topografica di appoggio sono stati elaborati con STARNET, un'applicazione disponibile solo per Windows, atta a regolare le reti di rilevamento 2D e 3D, utilizzando rigorose tecniche basate sul calcolo dei minimi quadrati. Tramite questo software è possibile gestire le reti topografiche in modo semplice ed accurato.

Le varie scansioni sono state registrate con SCENE, software proprietario di FARO. Il software SCENE gestisce i dati di scansione in modo efficiente, utilizzando la registrazione in loco "Real time".

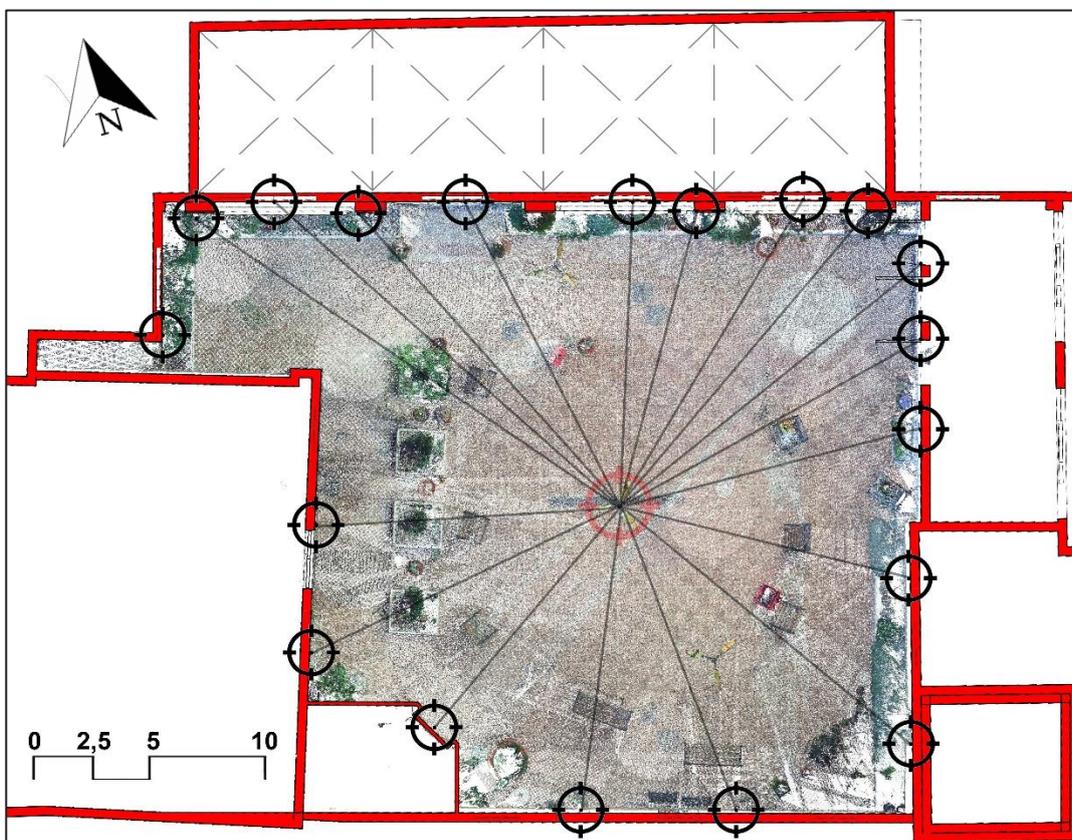
Esso permette inoltre il riconoscimento automatico dell'oggetto, la registrazione della scansione e la relativa disposizione spaziale in 3D. Genera dati di elevata qualità a colori in modo rapido e comodo, incorporando immagini dal posizionamento automatico delle scansioni con o senza target. Inoltre, SCENE offre la possibilità di visualizzare l'elaborazione 3D in realtà virtuale, consentendo agli utenti di immergersi all'interno di una simulazione virtuale del rilievo, permettendo così di valutare i dati acquisiti. Successivamente tale registrazione è stata importata direttamente in Revit.

Per effettuare il rilievo del cortile interno, gli strumenti sono stati posizionati in maniera tale che, in ciascuna scansione, ci fosse un buon ricoprimento delle facciate con quasi tutti i target in comune tra le multiple scansioni (bisogna avere almeno tre target in comune). In questo modo è poi stato possibile, successivamente, registrare tra di loro le scansioni con successo. Si è inoltre cercato di evitare gli spazi di occlusione generati dalla presenza di vegetazione e arredi fissi in sovrapposizione che si ponevano come elementi di discontinuità tra il laser scanner e le superfici da rilevare. In fase di acquisizione, la presenza di una fotocamera digitale ad alta risoluzione integrata all'interno del dispositivo, ha permesso di associare ad ogni punto l'informazione relativa alla sua cromaticità. È stato inoltre rilevato il valore della riflettanza, ovvero la porzione di luce incidente che una data superficie è in grado di riflettere, legato alle caratteristiche fisiche del materiale con cui è rifinita la superficie rilevata.

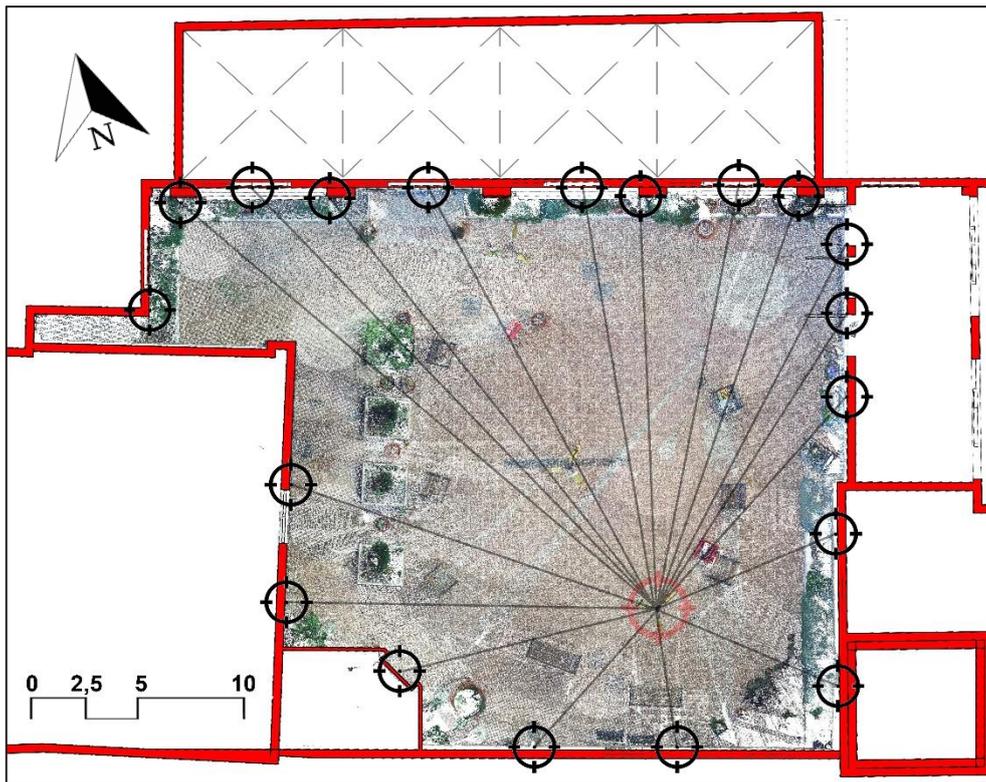
Alla fine del processo, tutti i punti della nuvola vengono riportati tramite le coordinate spaziali facenti riferimento al centro strumentale del laser scanner alle quali sono associati anche un valore RGB e un valore che ne esprime la riflettanza. Qui di seguito vengono riportate tre planimetrie inerenti alla fase di rilievo del cortile interno del RSA del Santuario del Trompone (Ala Nord), nelle quali viene raffigurata la disposizione planimetrica dei tre vertici di presa e dei target affissi sulle superfici interne (in modo uniforme).



(Fig. 28 – Rilevamento dei target dal vertice 1, tutti i marker sono visibili).



(Fig. 29 – Rilevamento dei target dal vertice 2, non tutti i marker sono visibili).



(Fig. 30 – Rilevamento dei target dal vertice 3, non tutti i marker sono visibili).

#### 4. ELABORAZIONE DELLE NUVOLE DI PUNTI

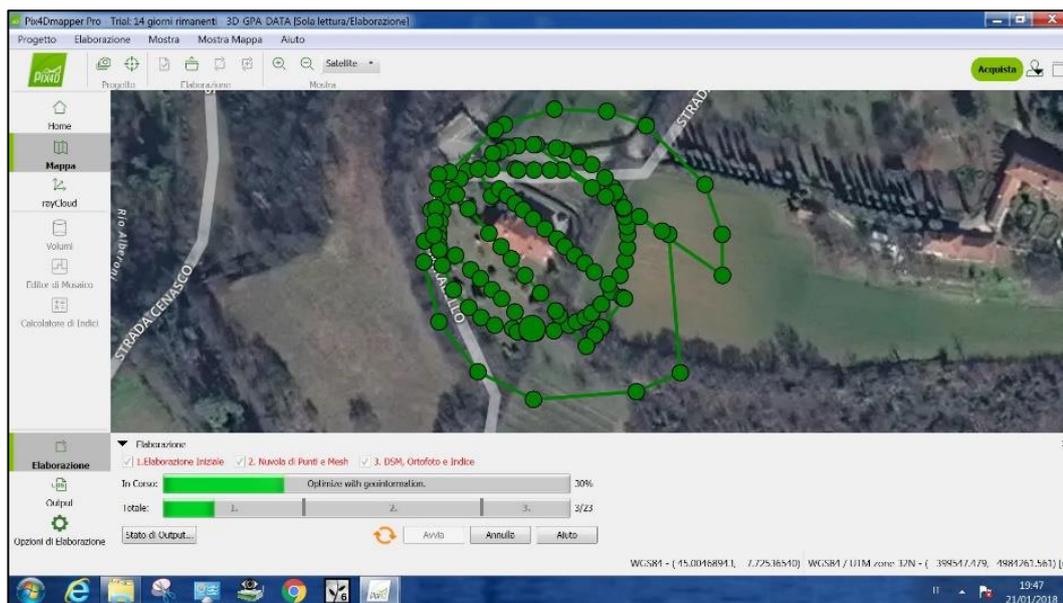
Esattamente come in ogni altro capitolo di questa tesi, anche per quanto riguarda l'elaborazione delle nuvole di punti si è scelto di intraprendere strade differenti, cercando di analizzare il più possibile tutte le varie interoperabilità che i software della famiglia B.I.M., nello specifico il software Revit, possono offrire in tale ambito. In questo capitolo vengono descritti i principali passaggi e le procedure tramite le quali sono state ottenute le due nuvole di punti inerenti ai relativi casi studio. Per entrambi i casi sono state eseguite le seguenti fasi:

- Importazione nel software delle nuvole di punti georeferenziate;
- Decimazione delle nuvole di punti;
- Pulitura nuvole di punti e cancellazione dei punti non necessari;
- Suddivisione delle nuvole a seconda del grado di complessità morfologica degli elementi considerati;
- Integrazione con nuvola ottenuta con metodo fotogrammetrico;
- Generazione della mesh (DSM e DTM);
- Elaborazione della mesh (riempimento vuoti, lisciatura, ecc.);
- Applicazione della texture fotografica sulla mesh.

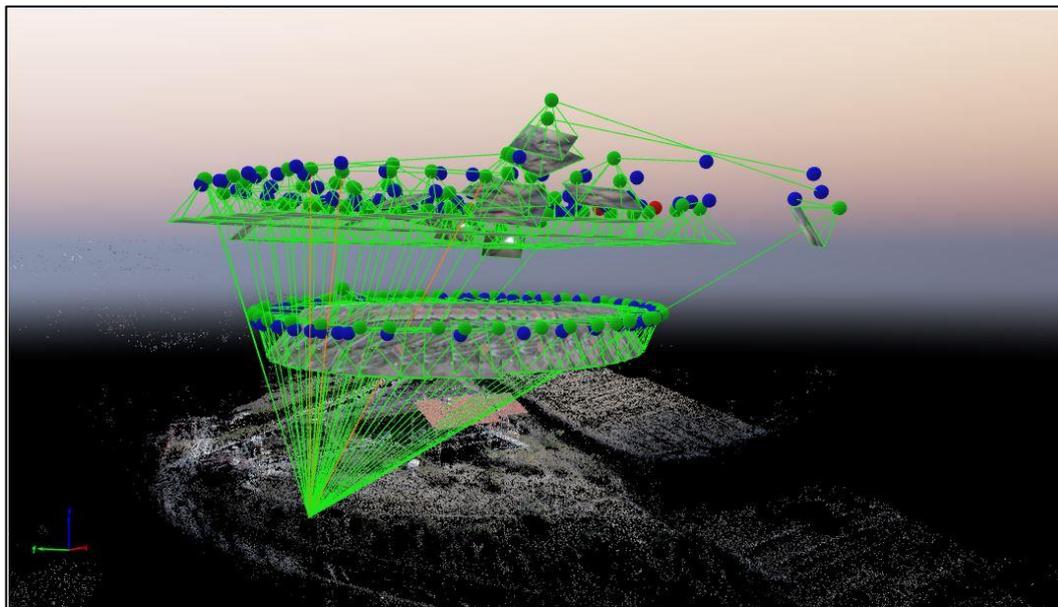
#### 4.1 Metodo fotogrammetrico: Villa Mirabello

Per l'elaborazione della prima nuvola di punti ho deciso di utilizzare un software chiamato Pix4D. Grazie a questo software è stato possibile elaborare una nuvola di punti con una grandezza di 1,8 Gb, con un totale di 1.479.056 punti, convertiti in coordinate sferiche. Inserendo all'interno del programma i dati topografici acquisiti dal drone, comprese le coordinate GPS dei punti associati ad ogni foto, il software in automatico esegue la trilaterazione di ogni pixel delle immagini importate incrociandole in base al colore ed alle coordinate GPS di ogni punto. Ultimata la fase di upload delle immagini e dei relativi input di georeferenziazione, il software evidenzia in rosso le foto scattate da punti di presa non idonei alla trilaterazione e li scarta dalla fase di

elaborazione selezionando solo i punti ottimali (evidenziati in verde) e quelli buoni (segnati in blu), come visibile dalla figura 29.

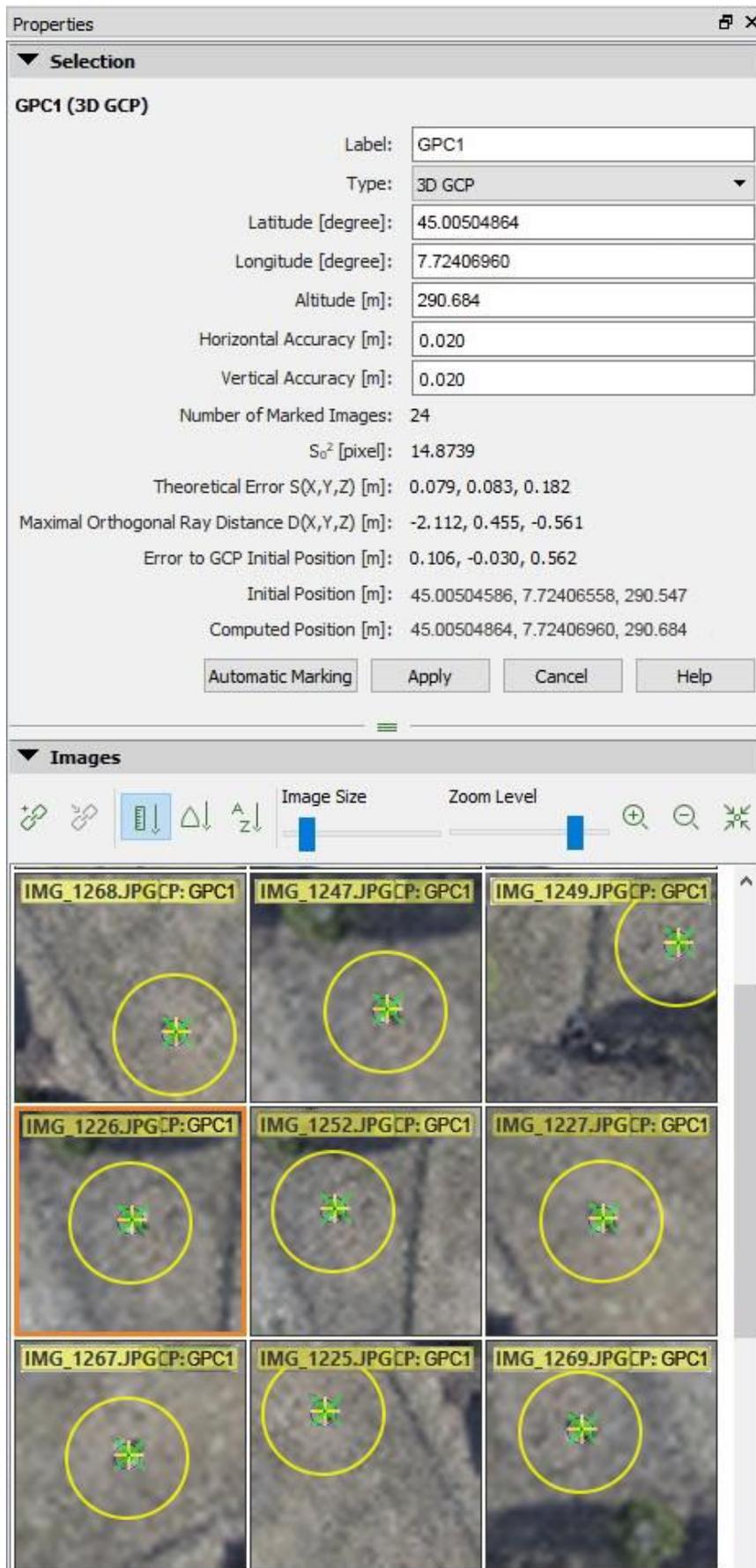


(Fig. 31 – Fase di upload degli input e ottimizzazione, elaborata tramite Pix4D).

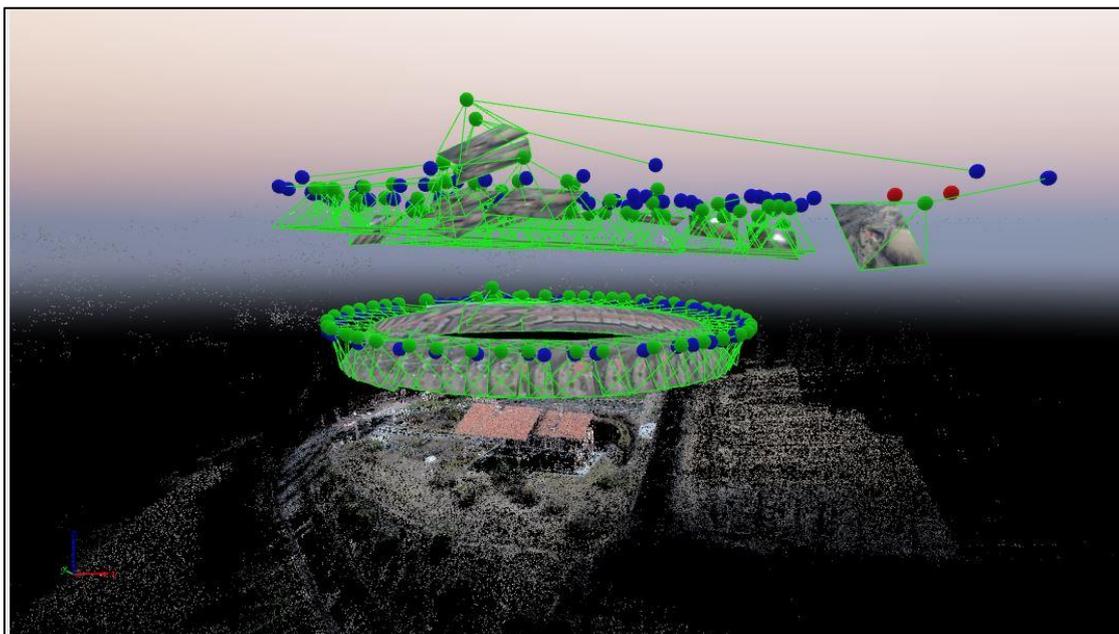


(Fig. 32 – Elaborazione Nuvola di punti tramite triangolazione automatica degli input, elaborata tramite Pix4D).

Dopo una prima fase di elaborazione i punti vengono calibrati in base alle coordinate GPS fornite dal programma tramite Google Earth sul web, determinando una leggera variazione di alcune coordinate. A seguito di tale procedura è stata inoltre eseguita una ricalibrazione dell'intero sistema di riferimento, inserendo le coordinate dei punti di controllo "GCPs" (Ground Control Points), rilevati precedentemente.

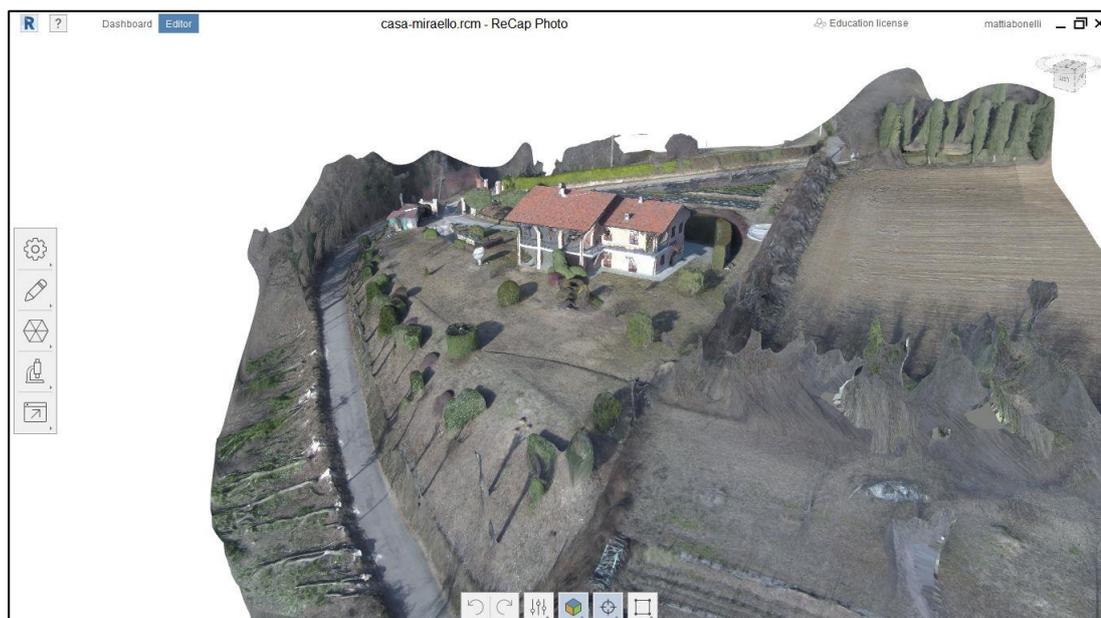


(Fig. 33 – Calibrazione automatica dei GCPs, elaborata tramite Pix4D).

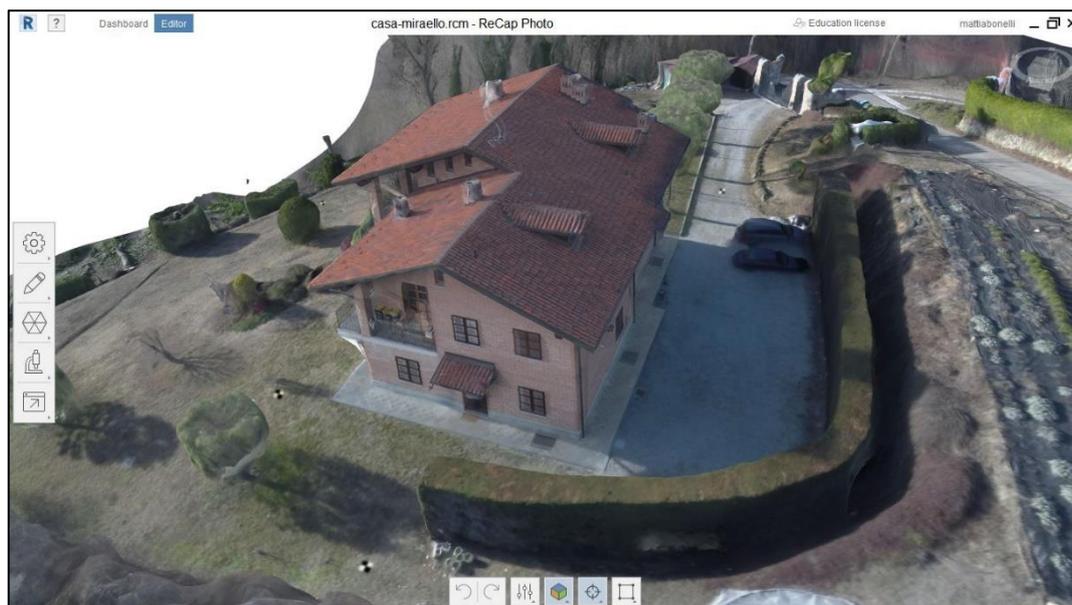


(Fig. 34 – Nuvola di punti completata, elaborata tramite Pix4D).

Ultimata la ricalibrazione in base alla registrazione delle coordinate dei GCPs e dei punti di controllo (Fig.34), viene elaborata la nuvola di punti 3D. Essa presenta però notevoli buchi di informazioni, dovute alla presenza di elementi in aggetto, come ad esempio le falde dei tetti che coprono alcune porzioni dell'edificio sottostante. In tali aree viene infatti applicata dal software una deformazione localizzata della mesh 3D, causando un residuo medio di circa 20 cm (Fig.35).



(Fig. 35 – Mesh texturizzata del rilievo aereo con presenza di lacune di dati, elaborata tramite Recap).



(Fig. 36 – Mesh texturizzata del rilievo aereo dopo integrazione con Punti di controllo e foto da terra, elaborata tramite Recap).

Per ovviare a tale problematica è stata necessaria l'acquisizione di ulteriori immagini da terra, tramite fotocamera digitale EOS 2000D BK 18-55 IS II, in tutte le aree soggette a tali lacune. Essa è dotata di risoluzione massima di 24.1 Megapixel, stabilizzatore ottico, zoom ottico 3 X e velocità di chiusura continua di circa 3 fotogrammi al secondo. Le foto sono state scattate con punti di presa fissi, seguendo un tracciato di riferimento preimpostato e rilevato tramite stazione totale Leica GPS 1200, materializzato a terra mediante nastro adesivo colorato. Quest'ultima sessione di acquisizione immagini è infine stata inserita all'interno delle missioni precedenti colmando i buchi residui, portando l'errore medio a 19 mm (Fig.37).

Quality Check <span style="float: right;">i</span>		
Images	median of 32033 keypoints per image	✔
Dataset	116 out of 118 images calibrated (98%), all images enabled	✔
Camera Optimization	2.33% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✔
Matching	median of 12782.4 matches per calibrated image	✔
Georeferencing	yes, 11 GCPs (11 3D), mean RMS error= 0.019 m	✔

(Fig. 37 – Report di qualità dei dati della nuvola, elaborata tramite Pix4D).

Dopo una successiva rielaborazione dei dati, la nuvola di punti è stata esportata in formato .e57 per poter essere inserita in un altro software, chiamato Cloudcompare, dedicato alla correzione ed alla pulizia di eventuali punti non necessari alla futura elaborazione del modello 3D, come ad esempio i punti che determinano la morfologia della vegetazione circostante, che non può essere eliminata durante la fase di cattura delle immagini.

La vegetazione è proprio una delle principali cause di imprecisioni relative a questa tipologia di rilievo. Se le condizioni della vegetazione, intorno all'edificio, sono tali da non permettere una corretta presa delle immagini, sarà opportuno ricorrere all'ausilio di altre metodologie più tradizionali, come ad esempio l'utilizzo di stazione totale e le misure dirette sul campo.

Sono dunque stati creati un DSM (Digital Surface Model), ovvero un modello 3d comprensivo di tutti gli oggetti rilevati (edificio, terreno e vegetazione) ed un DTM (Digital Terrain Model), relativo solo ai dati della superficie del terreno. Tramite il software Recap è stato creato infine un modello digitale "texturizzato", utilizzando algoritmi di sintesi stocastica. Questo software permette di creare un'immagine attraverso la determinazione di valori di colore per ciascun pixel. Questa procedura è influenzata unicamente da parametri di base come la luminosità, il colore o il contrasto dei singoli pixel delle immagini.

Una volta ultimata la fase di pulizia e correzione della nuvola di punti tramite l'utilizzo del software Cloudcompare, anch'esso disponibile gratuitamente su internet, è stato possibile esportare i dati del terreno in formato .txt ed importarli direttamente in Revit, convertendoli in una superficie topografica compatibile con il software stesso.

Bisogna evidenziare il fatto che tale procedura ha richiesto una notevole quantità di tempo durante l'elaborazione (circa 12 ore), in quanto sono stati ricreati circa 732.400 punti topografici. Tale operazione ha inoltre impedito lo svolgimento di altre attività in contemporanea.

## 4.2 Metodologia LiDAR e rilievo fotogrammetrico integrati: Santuario del Trompone

Per l'elaborazione della nuvola di punti inerente al caso studio del Santuario del Trompone si è invece optato per l'elaborazione tramite un software della famiglia Agisoft chiamato Photoscan (Metashape). La nuvola di punti generata ha raggiunto una dimensione di 4,19 Gb, con un totale di 182.976.000 di punti sferici rappresentati.

Nel caso specifico del Santuario del Trompone essendo stato effettuato un rilievo utilizzando due metodologie differenti, da un lato utilizzando la fotogrammetria aerea e dall'altro la tecnica del laser scanner (utilizzata per il rilievo di una facciata e dei suoi particolari componenti architettonici in stile neoclassico) è stata realizzata mediante la fusione di due elaborazioni di nuvole separate ottenute e realizzate in tempi differenti, importando poi i due file elaborati da Photoscan in un altro software della famiglia Autodesk, ovvero Autodesk Recap.

Tramite tale programma digitale è stato possibile ottimizzare la nuvola di punti, pulendola dalla vegetazione ed eliminando i punti non necessari, riducendo quindi il numero di operazioni per giungere ad un modello perfettamente compatibile ed interoperabile con il software B.I.M. Revit. Questi software, infatti, essendo della stessa famiglia, prevedono un'importazione diretta tramite uno specifico file. .rcp o .rcs, direttamente in Revit tramite il quale è possibile convertire direttamente i dati importati in una superficie topografica riconosciuta ed analizzabile all'interno del software.

L'utilizzo di un software della stessa famiglia di Revit ha notevolmente semplificato le procedure di esportazione ed importazione, ha ridotto i tempi legati alla conversione dei dati ed alla loro rielaborazione tra i due programmi, e di conseguenza ha ridotto le tempistiche dell'intera fase di elaborazione della nuvola. Va però anche sottolineato che il risultato finale risulta essere meno preciso rispetto a quello ottenuto dalla metodologia applicata al caso studio precedente.



(Fig. 38 – Nuvola di punti del Santuario, elaborata dal team DIATI del Politecnico di Torino tramite il software Recap).



(Fig. 39 – Mesh texturizzata del Santuario, differenze tra aree rilevate tramite Laser (sinistra) e tramite drone a destra).

### 4.3 Ottimizzazione della nuvola per la modellazione B.I.M.

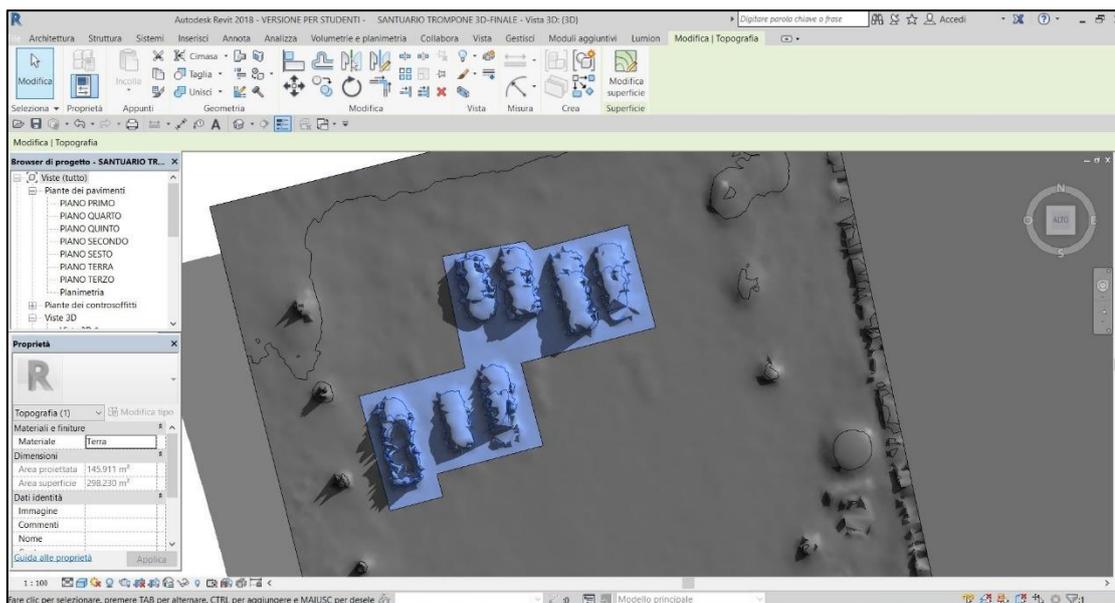
Dopo aver ottenuto, per entrambi i casi studio, una nuvola di punti definitiva, caratterizzata da un errore medio dell'ordine di 7-8 mm (scarto quadratico medio), ho applicato una seconda fase di modifica elaborazione delle nuvole di punti utilizzando il software Recap360. Tramite questo software è stato possibile pulire la nuvola dai punti non necessari, come ad esempio i punti che definiscono la morfologia della vegetazione circostante che può influire negativamente sulla modellazione successiva.

La nuvola di punti è stata successivamente tagliata e scomposta in sottoinsiemi, suddividendola per tipologia, ovvero dividendo i punti che definiscono il terreno, da quelli dei componenti edilizi. Tale procedura non risulta di semplice esecuzione all'interno di questo software data la continua sovrapposizione dei punti sul desktop al momento della selezione degli stessi, limitando l'efficacia dell'attività di pulizia e suddivisione.

Non potendo effettuare un'operazione di pulizia completa, il risultato finale presenterà delle protuberanze e delle escrescenze in corrispondenza degli elementi sporgenti e della vegetazione presente sul terreno. Tali elementi, devono poi essere corretti successivamente tramite la modifica manuale dei punti che compongono il terreno direttamente da Revit. Tale procedura prevede che tali punti vengano modificati mediante la variazione della relativa quota altimetrica che ne definisce la forma o addirittura eliminandoli completamente.

In questo modo la superficie topografica ricostruita sarà molto più realistica e priva di escrescenze fastidiose. Bisogna, inoltre, considerare la presenza di persone e oggetti che possano costituire un'ostruzione diretta durante la presa delle foto, altrimenti tali punti andranno a distorcere la morfologia dell'elaborazione finale e dovranno poi essere eliminati successivamente, causando rallentamenti sul processo.

Qui di seguito viene descritta la procedura base per effettuare tale operazione di pulizia e affinamento della nuvola di punti tramite modifica manuale di superfici topografiche direttamente all'interno del software Revit, applicandolo alla rimozione di punti relativi alla presenza di automobili.

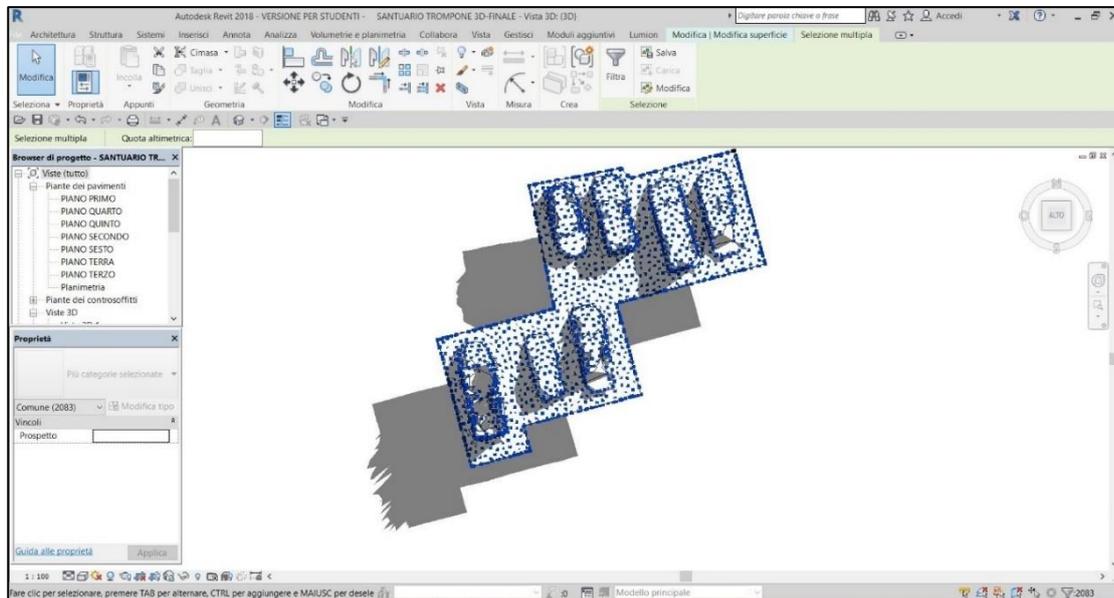


(Fig. 40 – Delimitazione dell'area del terreno interessata dalla presenza di automobili all'interno del software Revit).

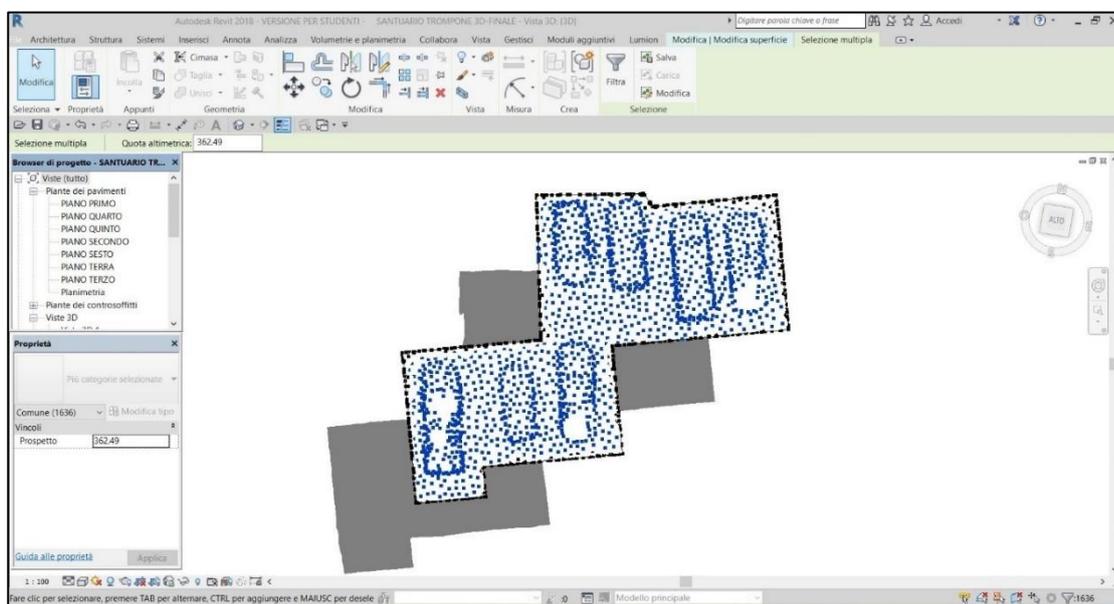
- Per prima cosa dividere la superficie topografica, creando una sub-superficie e seguendo fedelmente il perimetro dell'area interessata;
- Dopo aver isolato tale area, procedere mediante la modalità “modifica manuale” della superficie topografica;
- Selezionare i punti da modificare, ricordandosi però di mantenere invariati i punti che definiscono il perimetro di tale area;
- Modificare la quota altimetrica dei punti errati, sostituendoli con il valore medio di quota dei punti perimetrali;
- Unificare la nuova sub-regione con la superficie topografica originale.

#### 4. Elaborazione delle Nuvole di punti

Il risultato finale mantiene però alcune piccole protuberanze nell'ordine del centimetro, che risultano quasi impercettibili.



(Fig. 41 – Selezione dei punti da modificare all'interno del software Revit).



(Fig. 42 – Modifica dei parametri altimetrici dei punti individuati (1636 punti su un totale di 2083), all'interno del software Revit).

#### 4.4 Segmentazione della nuvola per componenti

Ultimata la fase di elaborazione delle nuvole di punti si è poi optato per una seconda fase per componenti tramite l'utilizzo software di recente creazione 3DReshaper. Tramite questo software è possibile separare la nuvola di punti del DSM (Digital Surface Model) e suddividerla in base al componente, distinguendola per: terreno, vegetazione ed edifici. Questa fase permette una migliore interoperabilità con software Revit permettendo inoltre di alleggerire la mole di dati importata all'interno del modello digitale, in previsione della sua ricostruzione 3D.

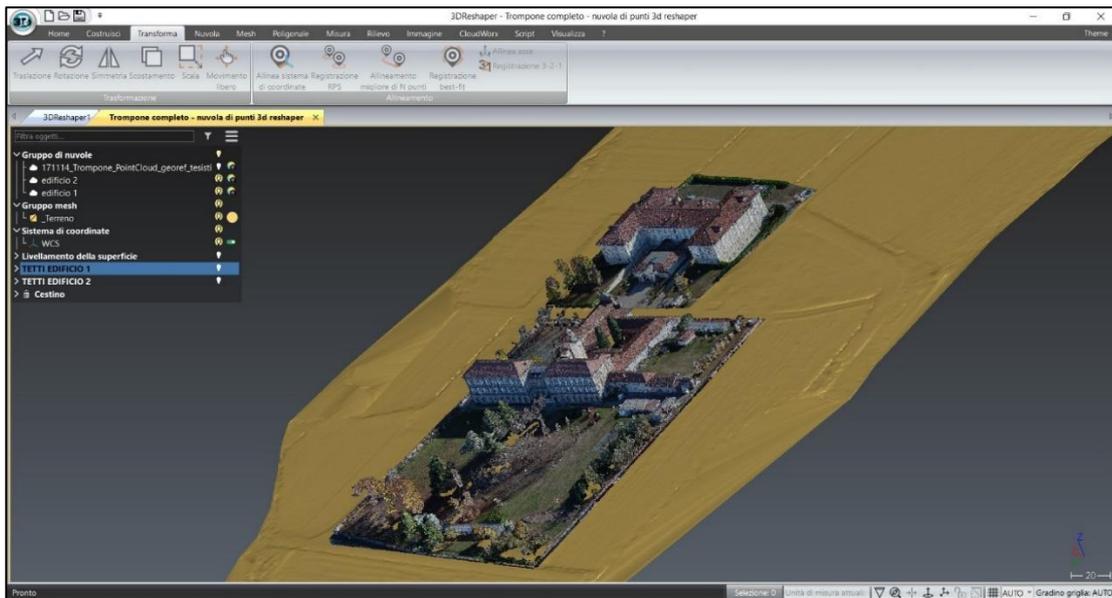
Questo software a differenza di quelli descritti precedentemente, permette inoltre analisi di tipo altimetrico, oltre alla possibilità di estrazione di tali componenti tramite l'utilizzo di comandi algoritmici, che permettono di isolare i punti che caratterizzano ad esempio il terreno selezionando un indice di pendenza ed uno scarto quadratico medio tra i punti.

A questo punto il software separa ed elimina in automatico tutti i punti che non soddisfano tali indici e ricrea una mesh 3D accurata del DTM (Digital Terrain Model), offrendo inoltre la possibilità di estrazione di superfici planari in base allo scarto quadratico medio tra i punti localizzati sullo stesso piano di riferimento. L'impiego di tale software ha permesso di risparmiare una notevole quantità di tempo (circa la metà del tempo), inoltre grazie alla possibilità di ricreare mesh dei singoli elementi architettonici, è stato possibile ricreare un modello 3D notevolmente più accurato rispetto all'utilizzo delle metodologie precedenti.

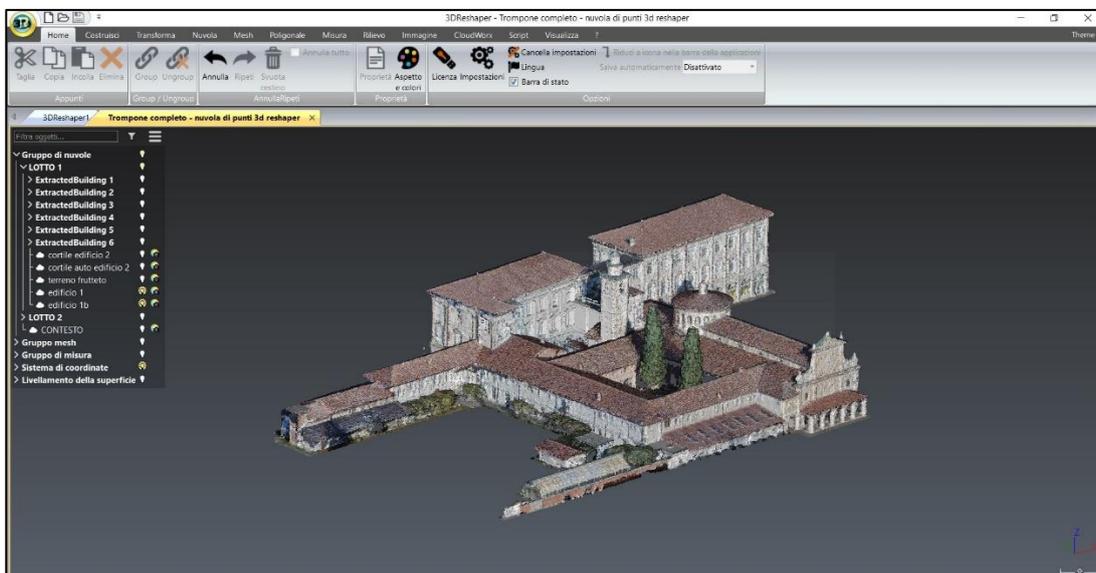
Dalle immagini riportate qui di seguito (Fig.43-44), è possibile notare le incredibili potenzialità di questo software, ovvero 3DReshaper, tramite il quale è stato possibile suddividere la nuvola di punti importata in sotto-regioni, in base alla tipologia di tale porzione.

Nello specifico sono state isolate le aree all'interno delle quali sono ubicati i due complessi edilizi inerenti al caso studio del Santuario del Trompone. Successivamente, tramite l'ausilio di estrattori algoritmici forniti dal programma stesso è stato possibile estrarre i dati inerenti alla superficie e ricrearla sotto forma di mesh.

#### 4. Elaborazione delle Nuvole di punti

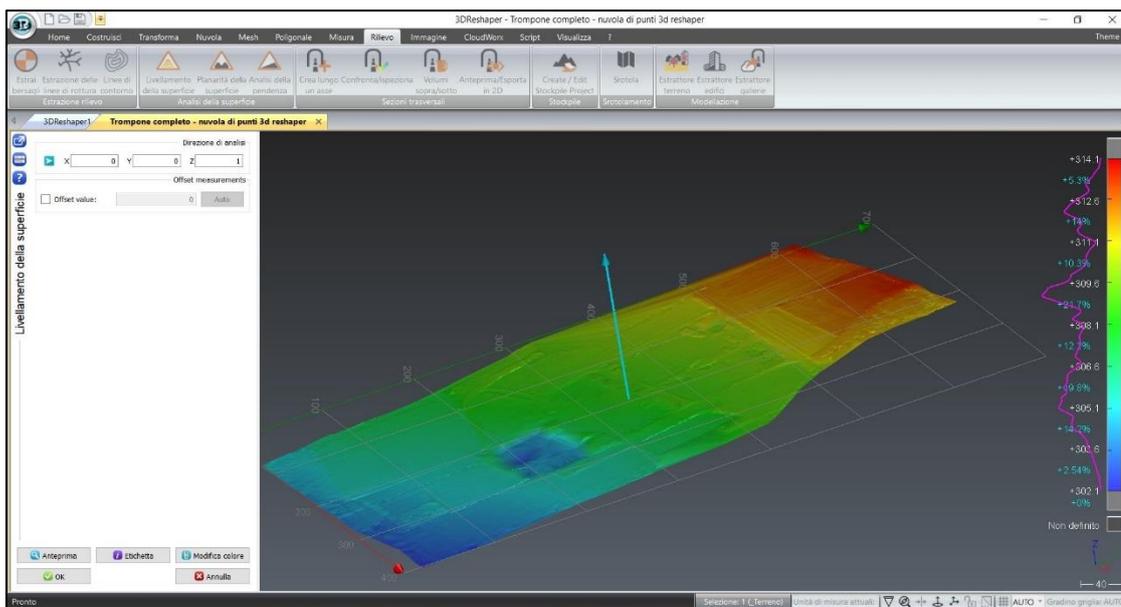


(Fig. 43 – Suddivisione della nuvola DSM per componenti: complesso edilizio 1-2 e superficie del terreno DTM, elaborata tramite 3DReshaper).

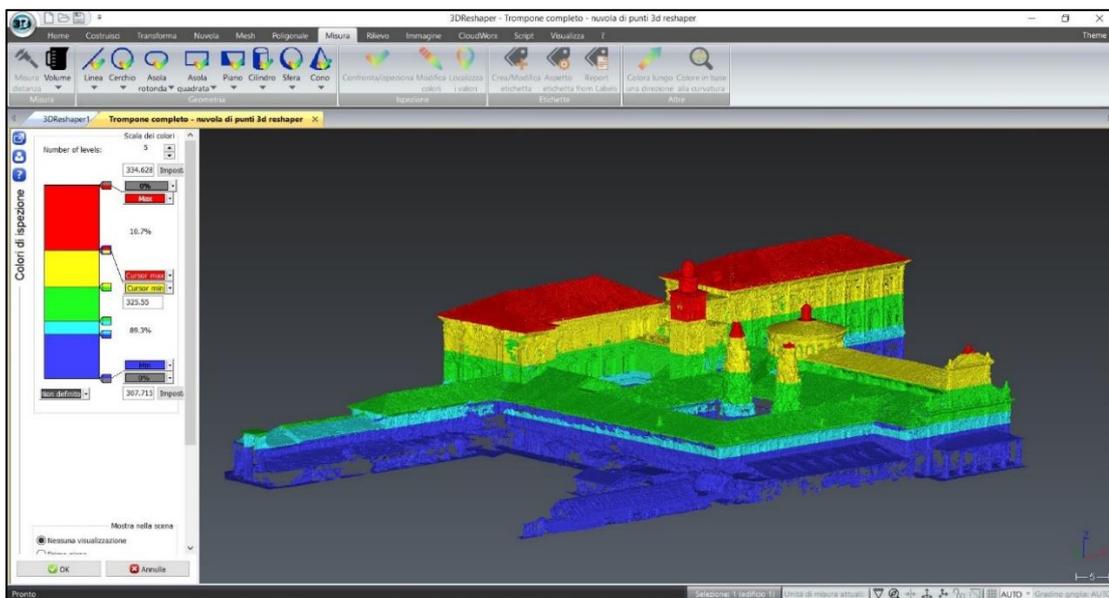


(Fig. 44 – Porzione di nuvola inerente al complesso Nord, estratta tramite 3DReshaper).

Per eseguire tale procedura è stato impostato un indice di pendenza massimo del 10%, data la quasi perfetta planarità del lotto, mediante il quale il software ha scartato tutti gli elementi che non costituivano informazioni utili per l'elaborazione del terreno.



(Fig. 45 - Analisi di tipo altimetrico applicate alla mesh del terreno DTM, elaborata tramite 3DReshaper).



(Fig. 46 - Analisi di tipo altimetrico applicate alla mesh del Complesso Nord, elaborata tramite 3DReshaper).

Grazie a questa scomposizione è stato possibile effettuare analisi altimetriche sia sulla superficie del terreno, sia sulle mesh estratte dalle nuvole di punti inerenti alle sole componenti edilizie del complesso, permettendo dunque una riduzione dei tempi sull'intero processo successivo e migliorando la conoscenza del sito stesso.

## 5. ELABORAZIONE DEI MODELLI 3D

Ultimata la fase di elaborazione della nuvola di punti, è stato possibile passare alla fase di modellazione parametrica tridimensionale, che consiste nella creazione di un modello 3D dell'oggetto rilevato, direttamente dipendente dalle sue caratteristiche geometriche, fisiche ed economiche. Questo tipo di modellazione riguarda elementi tridimensionali di tipo edilizio-architettonico come ad esempio: muri, infissi, solai, scale, volte, coperture, serramenti interni ed esterni e morfologia del territorio di progetto. Questi elementi verranno ricreati tramite apposite Famiglie BIM, ovvero oggetti parametrici, perfettamente interoperabili con il software di modellazione Revit. Inoltre, date le diverse finalità dei casi studio presi in esame, sono state eseguite differenti tipologie di modellazione 3D: per il Santuario del Trompone è stata eseguita la modellazione architettonica dell'involucro esterno di tutti gli edifici del complesso, comprese le aperture perimetrali, le decorazioni artistiche di facciata (elementi neoclassici) ed i serramenti; per il caso studio di Villa Mirabello, invece, è stata eseguita, oltre alla modellazione architettonica, anche la modellazione MEP dei principali impianti, come ascensori o elevatori su rotaia. Per l'elaborazione dei due modelli 3D sono state intraprese due differenti tipologie applicative:

- La prima basata sulla ricostruzione manuale degli elementi architettonici, utilizzando la nuvola di punti solo come riferimento visivo, in base alla sezione dei profili estratti dal software 3DReshaper;
- La seconda invece prevede una modellazione di tipo manuale, accompagnata dall'ausilio di metodologie basate su algoritmi di interpolazione di superfici planari continue per testare e confrontare le relative interoperabilità con il programma B.I.M. Revit analizzando i vantaggi e gli svantaggi che tali procedure apportano sulle fasi successive.

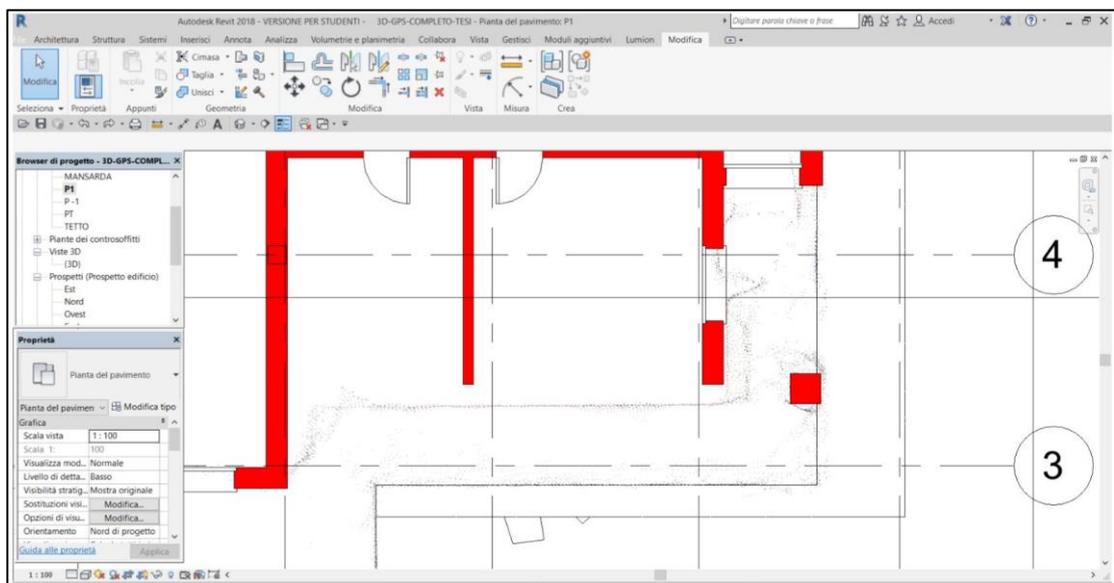
Qui di seguito vengono descritti questi due metodi, applicandoli separatamente ai due casi studio presi in esame all'interno dei capitoli precedenti.

## 5.1 Elaborazione manuale del modello

Per il primo caso studio, ovvero la ricostruzione Villa Mirabello, data la semplicità della costruzione e l'assenza di orpelli decorativi, la scelta è ricaduta su una modellazione manuale direttamente in Revit.

Dopo aver importato la nuvola di punti inerente al solo modello 3D dell'edificio all'interno del progetto sono stati ricreati le planimetrie e gli alzati nel modo più fedele possibile ai profili di sezione definiti dalla nuvola di punti, visibili nelle sue sezioni. Prima di tale fase è stato necessario raccogliere le informazioni relative a tutte le varie stratigrafie dei muri dello stabile, ricreando poi le famiglie dei muri e dei tetti in base alla stratigrafia originale del progetto realizzato.

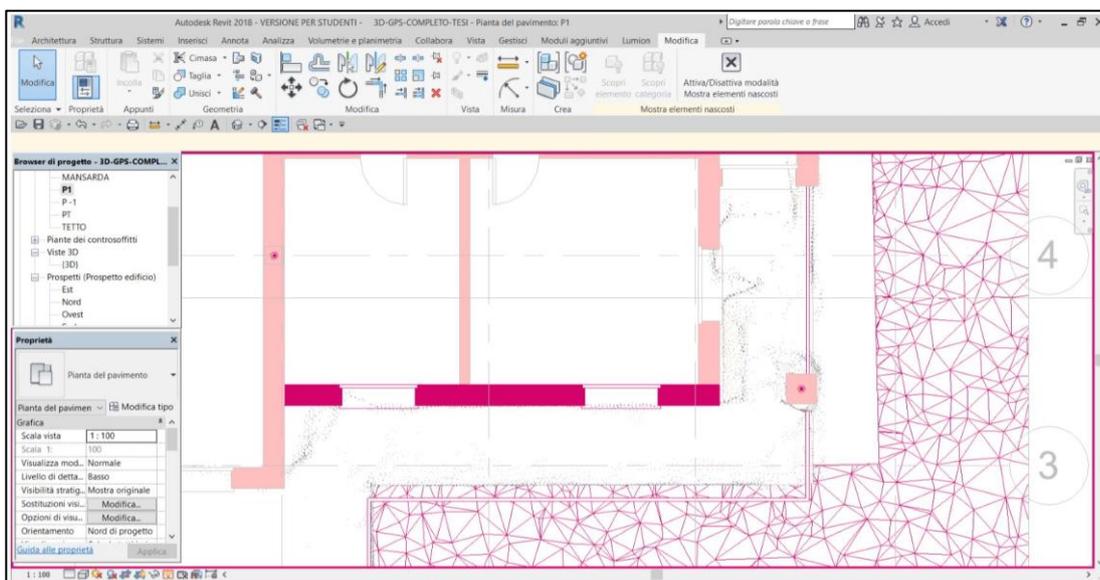
È possibile evincere tale procedura osservando le immagini sotto riportate. Queste immagini rappresentano infatti una porzione perimetrale dell'edificio e l'inserimento della parete viene effettuato in modo manuale dal disegnatore del modello 3D, cercando di mantenere l'esatta ubicazione in pianta e la stessa inclinazione definita dalla nuvola di punti.



(Fig. 47 – Elaborazione manuale tramite allineamento ai profili della nuvola di punti sezionata, elaborata tramite Revit).

Questa procedura lascia però ampio spazio a errori ed imprecisioni legate all'accuratezza del lavoro svolto dall'operatore che si occupa di realizzare il modello tridimensionale, in quanto non sono presenti riferimenti in 3D precisi ed univoci che diano indicazioni in più sull'inclinazione o lo "spanciamento" di alcuni elementi come le murature o i pilastri o ad esempio la presenza di crepe.

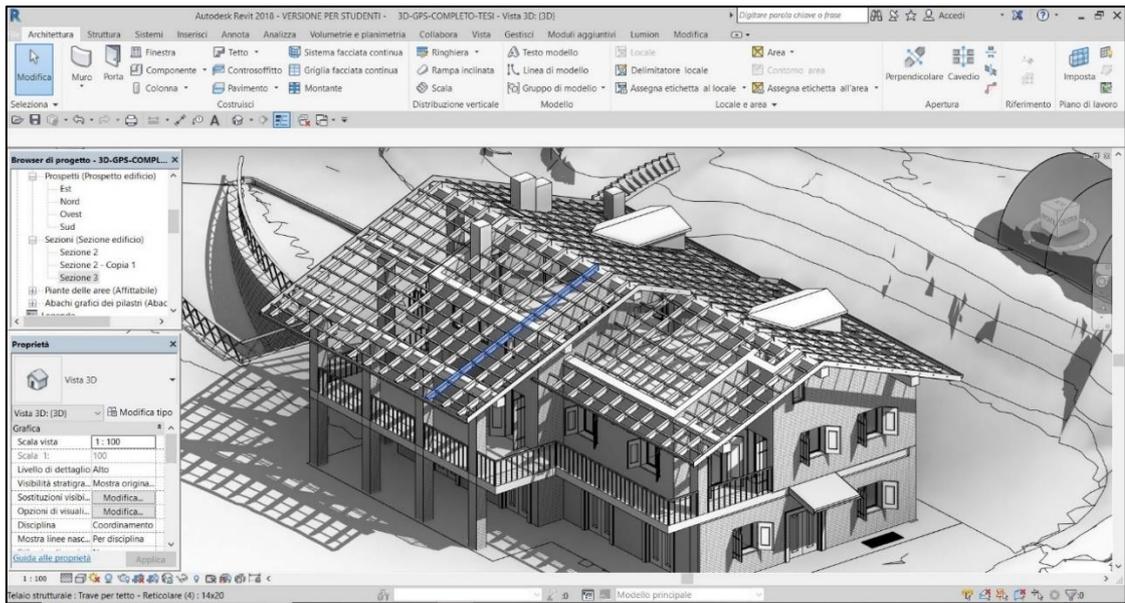
Tali elementi necessitano dunque di una verifica manuale per accertarsi dell'accuratezza della ricostruzione tridimensionale del modello.



(Fig. 48 – Creazione della parete perimetrale in base ai profili della nuvola di punti in sezione, elaborata tramite Revit).

Dopo aver eseguito delle verifiche sull'esatta geometria ricostruita, è stato riscontrato un errore medio residuo di circa 7 mm su tutte le pareti perimetrali, soddisfacendo comunque le necessità legate alla finalità progettuale ipotizzata nella parte conclusiva di questa tesi.

Per quanto riguarda invece la modellazione dei tetti e dei componenti edilizi interni è stato necessario ricorrere a misure manuali dirette sul campo, mediante l'utilizzo di rilevatori laser e strumenti manuali classici come livelle e distanziometri. Tale procedura ha interessato soprattutto la modellazione dei serramenti, interni ed esterni, e l'orditura delle travi che costituiscono la copertura a doppia falda.

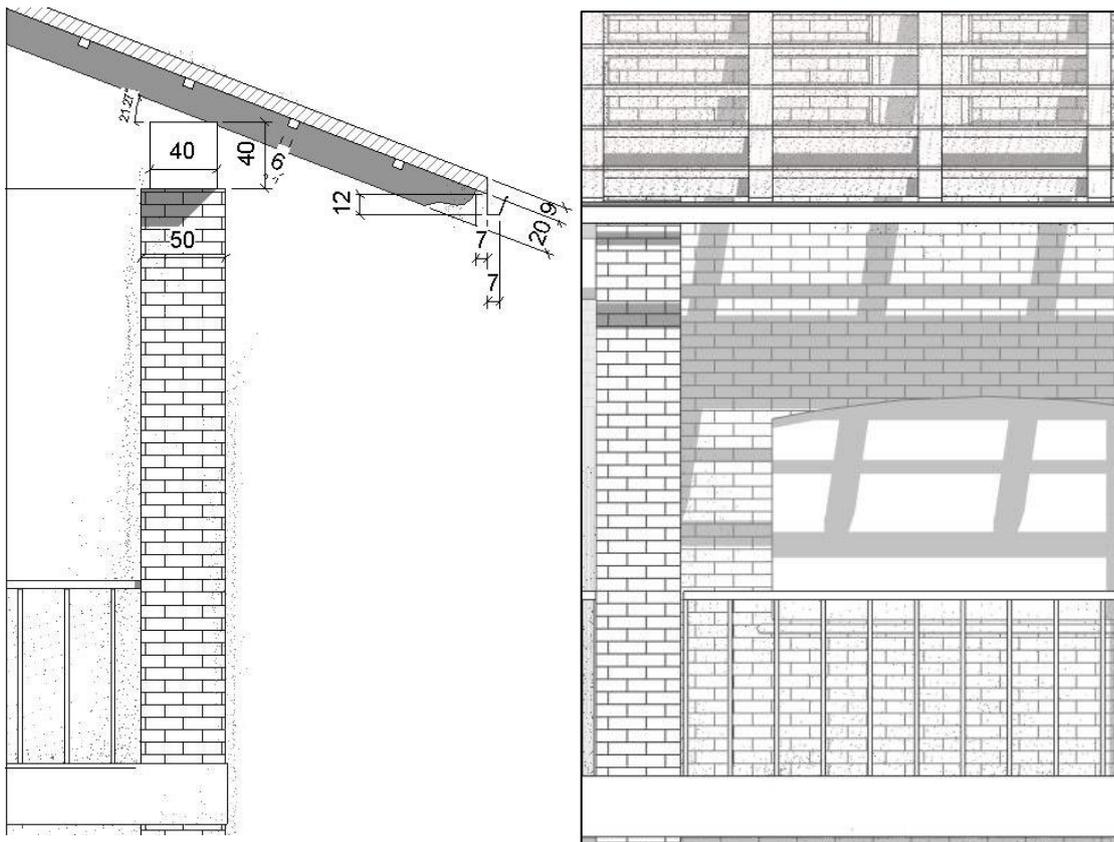


(Fig. 49 – Creazione del modello 3D manuale di Villa Mirabello, elaborata tramite Revit).

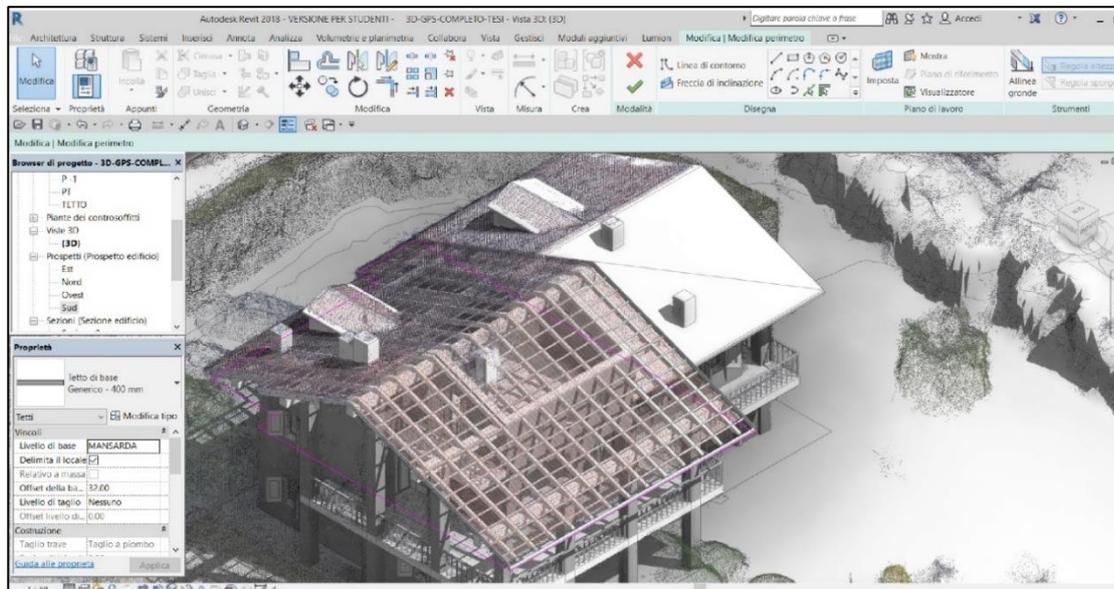


(Fig. 50 – Foto-inserimento modello 3D, elaborata tramite Photoshop).

Dalle immagini sotto-riportate è possibile notare la ricostruzione tridimensionale di tutti gli elementi strutturali in legno che sorreggono la copertura dell'ala sud-ovest dell'edificio, inserendo inoltre l'intero sistema dei pluviali e del coprifilo del tetto in base alla morfologia dello stato di fatto.



(Fig. 51 – Stralci di sezione e prospetto – scala 1:50 - relativi alla modellazione dei tetti, elaborata tramite Revit).



(Fig. 52 – Modellazione 3D manuale degli elementi strutturali dei tetti, elaborata tramite Revit).

## 5.2 Elaborazione tramite algoritmi di interpolazione

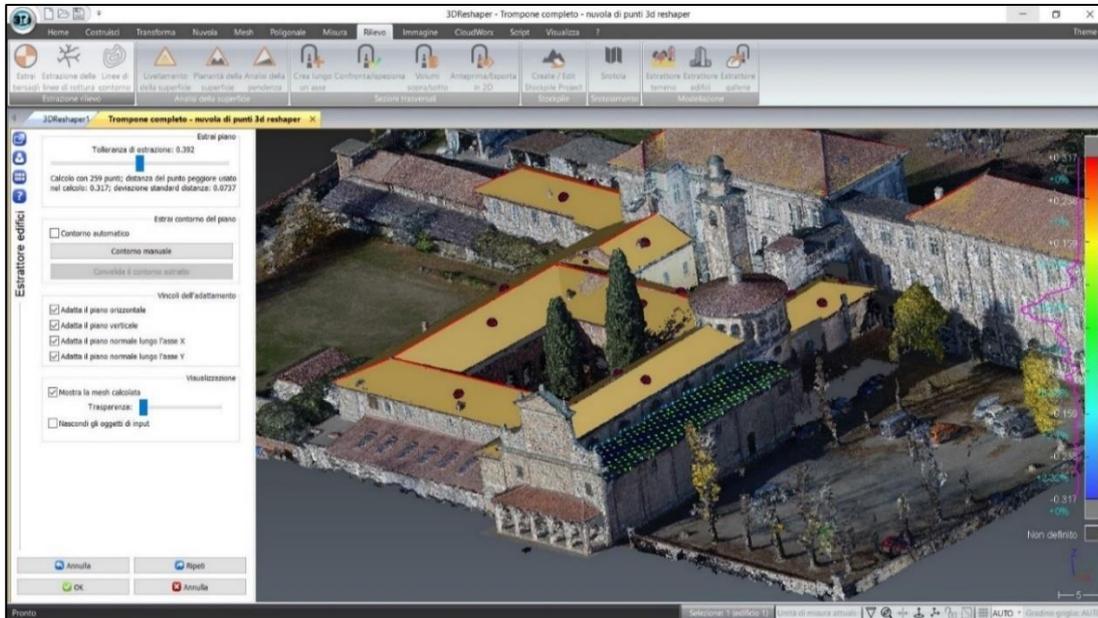
Per l'elaborazione del secondo modello si è optato per una modellazione manuale, unita all'ausilio di comandi algoritmici, tramite la quale è possibile l'estrazione di superfici planari, come pavimenti o muri, direttamente dalla nuvola di punti.

Tale procedura è stata eseguita mediante l'utilizzo del programma digitale 3DReshaper. Utilizzando questo software è stato possibile, infatti, estrarre separatamente le geometrie e le inclinazioni esatte di tutti i tetti e di tutti i muri che costituiscono l'involucro esterno degli edifici della nuvola di punti del Santuario del Trompone. Grazie a questo software è stato possibile generare mesh 2D e 3D basandosi sullo scarto quadratico medio per ottenere modelli accurati. Esso offre inoltre la possibilità di selezionare, pulire e segmentare le nuvole di punti, creando infine superfici di fusione di nuvole e mesh separate.

La creazione della mesh 3D è stata eseguita eseguendo die fasi successive di affinamento dei triangoli, per aggiungere maggiore dettaglio solo ad alcune porzioni del modello, mantenendo la dimensione del file leggero e maneggevole. La modellazione delle mesh 3D è stata eseguita seguendo la curvatura dell'oggetto per preservare gli angoli netti e i raggi di curvatura applicando una riduzione del rumore localizzata in alcune aree per ottenere una mesh ben rifinita. È infine stato possibile estrarre automaticamente sezioni orizzontali e verticali direttamente dal modello. I risultati finali vengono dunque ottimizzati in funzione della qualità del dato, delle sue caratteristiche geometriche e morfologiche e delle finalità del rilievo.

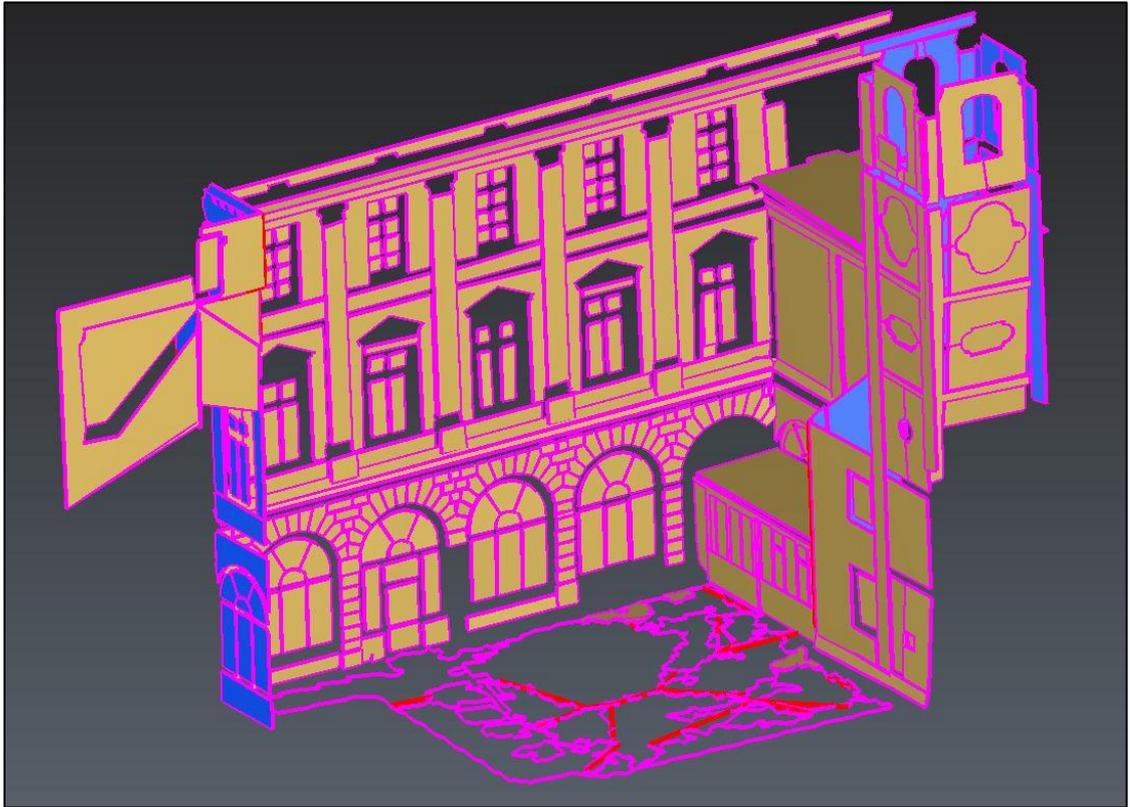
Inoltre, nella porzione della nuvola rilevata mediante tecnologia laser scanner (cortile interno RSA), è stato possibile effettuare il rilievo del bugnato e degli elementi di decorazione neoclassica che caratterizzano le facciate principali, partendo dalle paraste scanalate e dai serramenti con timpano triangolare, fino ai capitelli di ordine ionico (con effigi e simboli floreali). Dopo aver ricostruito le mesh di tali elementi su 3DReshaper, è stato possibile esportarle in formato .dxf ed .obj, direttamente in Revit. Dopodiché tali mesh sono state convertite in famiglie riconosciute dal software ed utilizzabili per compiere analisi di tipo quantitativo.

Qui di seguito vengono riportate le principali procedure effettuate all'interno del software 3DReshaper per estrarre specifici componenti direttamente dalla nuvola di punti importata:



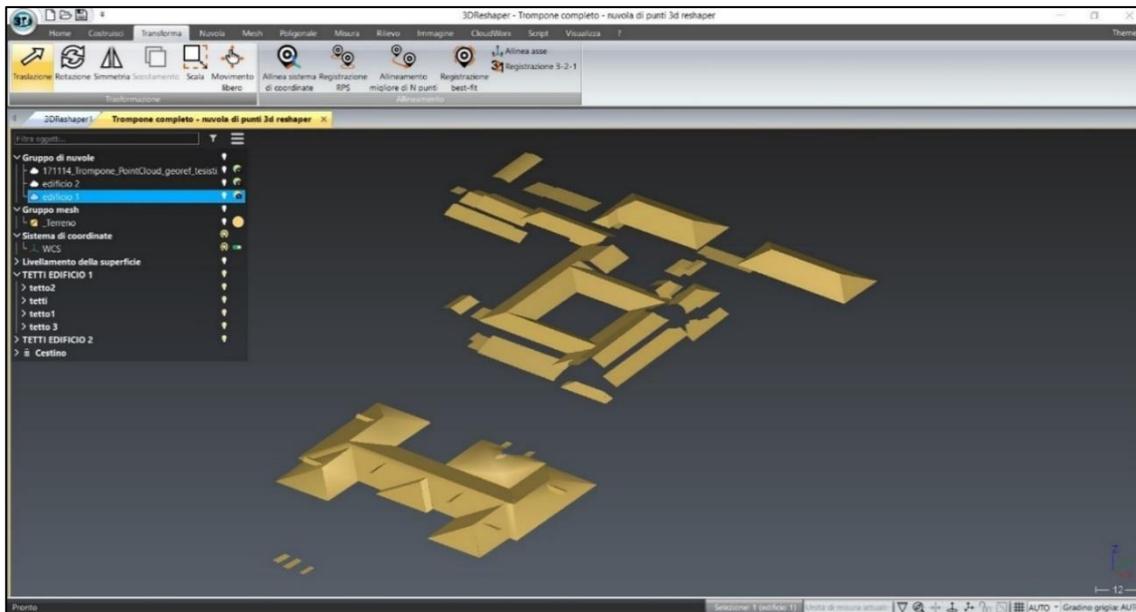
(Fig. 53 – Selezione di una superficie planare inerente al tetto del Santuario, elaborata tramite 3DReshaper).

- Dopo aver selezionato una regione, il software chiede di impostare lo scarto quadratico medio tra i punti dello stesso piano per andare a definirne gli esatti confini in base alle pendenze della superficie stessa.
- Al fine di ottenere un risultato il più verosimile possibile, è stata impostata una distanza media tra i punti di 7 mm, ricreando così fedelmente tutte le inclinazioni dei tetti, gli “spanciamenti” delle pareti, fino ad arrivare alle crepe presenti nei pavimenti.



(Fig. 54 – Creazione delle mesh degli elementi planari della corte interna, compresa la pavimentazione, - scala 1:100 - elaborata tramite 3DReshaper).

- Qualora il confine della regione non corrispondesse perfettamente ai confini delle geometrie dei piani estratti, è possibile modificarne il perimetro tramite ridisegno manuale.
- A questo punto il software creerà delle giunzioni in maniera automatica tra le superfici contigue (linee rosse), ma se queste non fossero necessarie è possibile eliminarle, ripristinando la configurazione precedente.



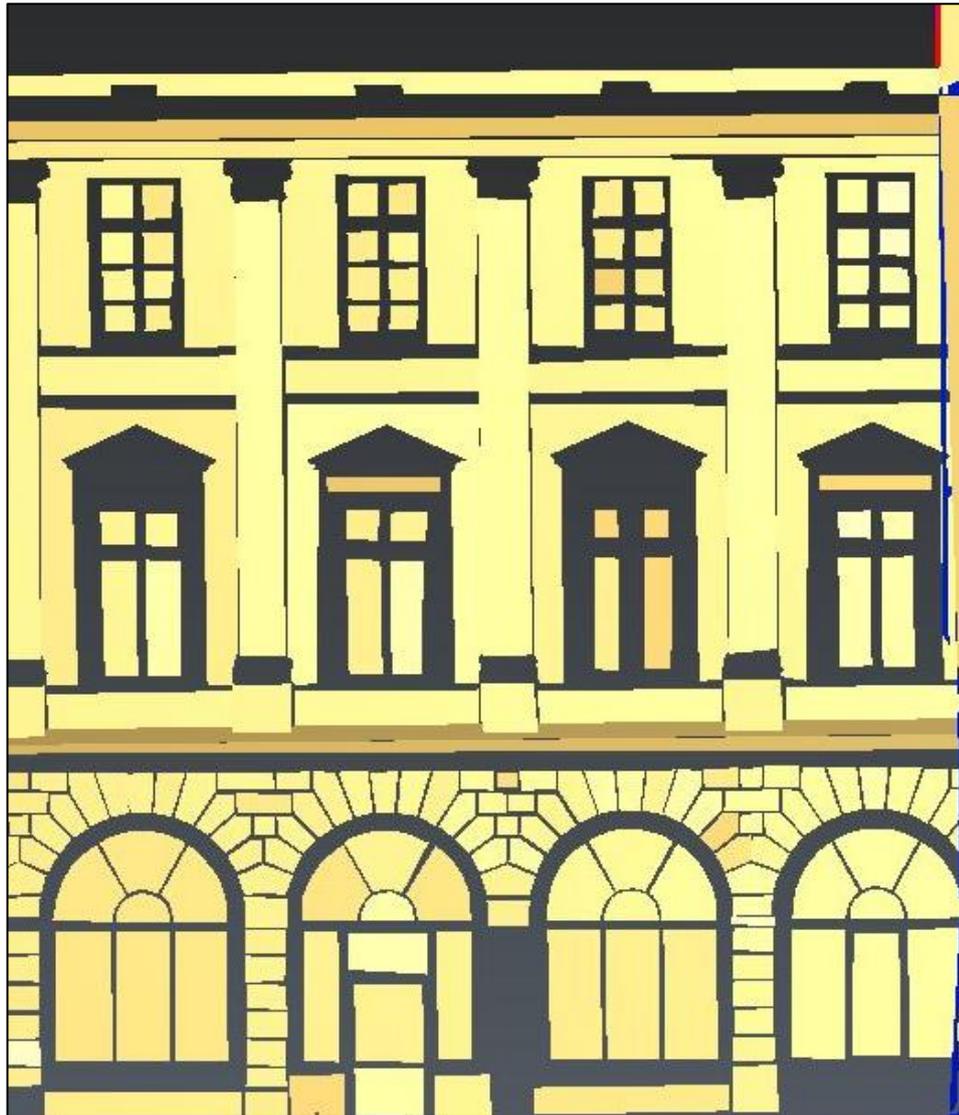
(Fig. 55 – Creazione delle mesh di tutte le superfici planari dei tetti dei due complessi edilizi, elaborata tramite 3DReshaper).

- Infine, queste superfici sono state estratte sotto forma di mesh 3D ed importate direttamente nel modello B.I.M. tramite formato .dxf o .obj, permettendo una rapida ed efficace conversione all'interno del software.

Tale metodologia ha permesso di ricreare fedelmente tutte le inclinazioni e gli “spanciamenti” delle pareti all’interno del modello 3d. Come si può notare dalle immagini riportate qui a fianco, è stato possibile mediante l’utilizzo di questo software, selezionare delle superfici planari direttamente dalla nuvola di punti in portata.

### 5.3 Elaborazione della facciata

Per l'elaborazione 3d della porzione di nuvola inerente al cortile interno del santuario, essendo stata rilevata mediante rilievo a laser scanner, è stato possibile ricorrere all'estrazione algoritmica descritta precedentemente.



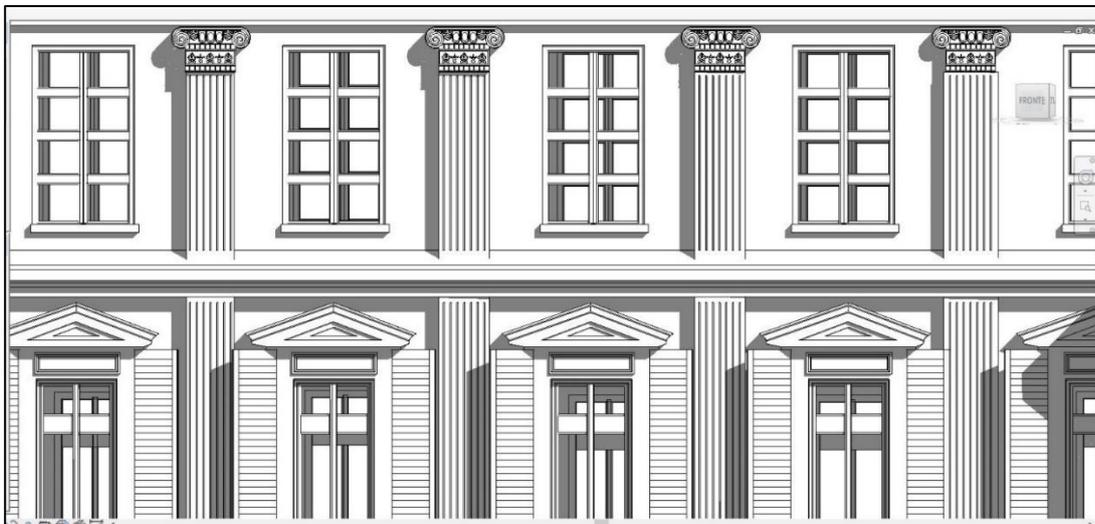
(Fig. 56 – Creazione ed estrazione delle mesh dei componenti di facciata, - scala 1:100 - elaborata tramite 3DReshaper).

Nello specifico è stato possibile estrarre le principali superfici planari che determinano le geometrie degli elementi distintivi della facciata, partendo dalle componenti vetrate dei serramenti e dai blocchi che definiscono il finto bugnato al piano terra, fino ad arrivare alle cornici marcapiano ed alle paraste scanalate che scandiscono l'orditura della facciata, riportando infine anche i capitelli in stile ionico che le sormontano.

Per un'efficace resa finale delle superfici estratte dalla nuvola, è stato impostato uno scarto quadratico medio di 2 mm. Tale operazione è risultata difficoltosa in alcuni punti a causa della presenza di arbusti e vegetazione varia che ha coperto completamente tutto ciò che vi era dietro. Una volta ricreate le mesh di tali componenti, sono state importate all'interno del modello 3d e sono state ridisegnate o convertite in famiglie B.I.M. di Revit, rendendo possibile l'esecuzione dei prospetti e delle sezioni.

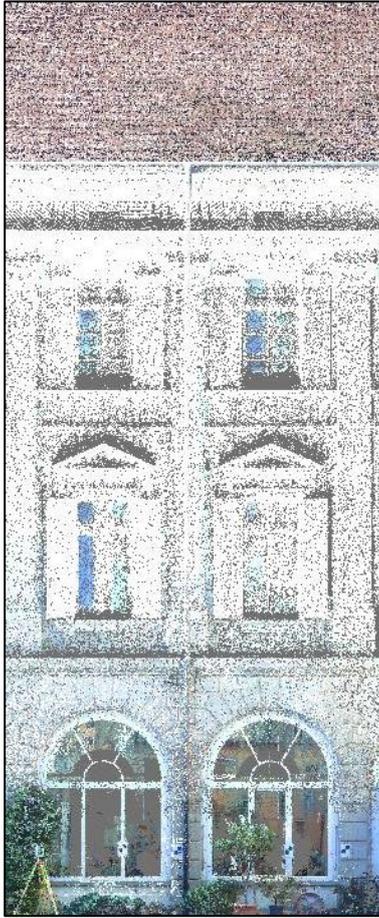


(Fig. 57 – Prospetto-sezione - scala 1:200 - in corrispondenza del cortile centrale del Santuario, realizzata tramite Revit).



(Fig. 58 – Porzione di prospetto – scala 1:100 - raffigurante gli elementi decorativi neoclassici della facciata nord del cortile del Santuario).

## 5.4 Elaborazione delle famiglie delle aperture esterne



(Fig. 59 – A sinistra, porzione della nuvola di punti della facciata Nord del cortile).

(Fig. 60 – A destra, serramento con timpano triangolare, ubicato al primo piano).

Per quanto riguarda la modellazione delle famiglie dei componenti di dettaglio è stata riportata all'interno di questo capitolo la parte inerente alla modellazione delle aperture verticali esterne dell'edificio.

Data l'unicità di alcuni di tali serramenti, in alcuni casi non è stato possibile reperire dal web famiglie "tipo", simili ad esse. Per tali serramenti è stato necessario dunque ricorrere ad una modellazione ad hoc, ricreando le cornici, i timpani ed i telai basandosi sulle informazioni estratte dalla nuvola di punti al fine di ricrearne l'esatta composizione e su osservazioni visive per la definizione dei materiali e delle finiture.

Ultimata questa fase è stato possibile generare ed estrarre direttamente dal software Revit l'abaco dei serramenti, di cui viene riportato un riassunto sotto formato tabellare qui sotto (Fig.61).

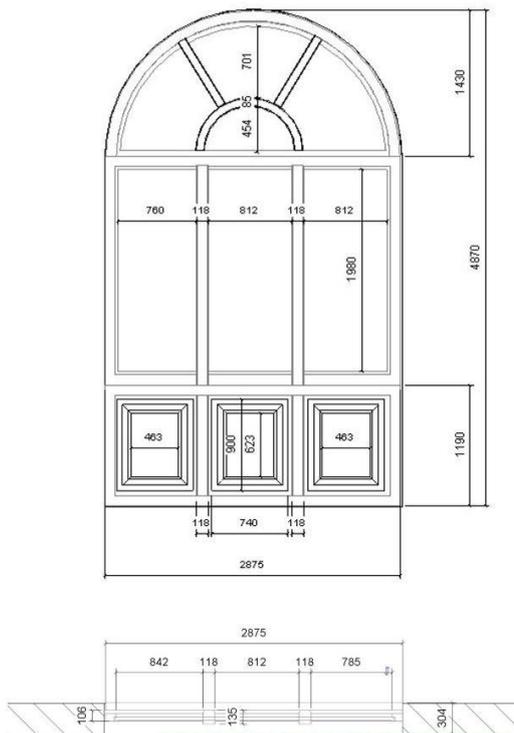
ABACO DEI SERRAMENTI				
Conteggio	Tipologia	Descrizione finestra	Larghezza cm	Altezza cm
45	1	Portale ad arco	287	487
34	2	Finestra ad arco	80	80
38	3	Finestra - con timpano triangolare	199	405
5	3a	Finestra - con timpano triangolare	205	405
8	4	Finestra Decorata	150	256
13	4a	Finestra Decorata	210	233
61	4b	Finestra Decorata	100	140
4	5a	Finestra Doppia	100	180
241	6	Finestra Doppia	80	80
30	6a	Finestra Doppia	100	100
16	7	Finestra singola	61	61
8	8	Porta-Finestra ad arco	80	80

Totale generale
503

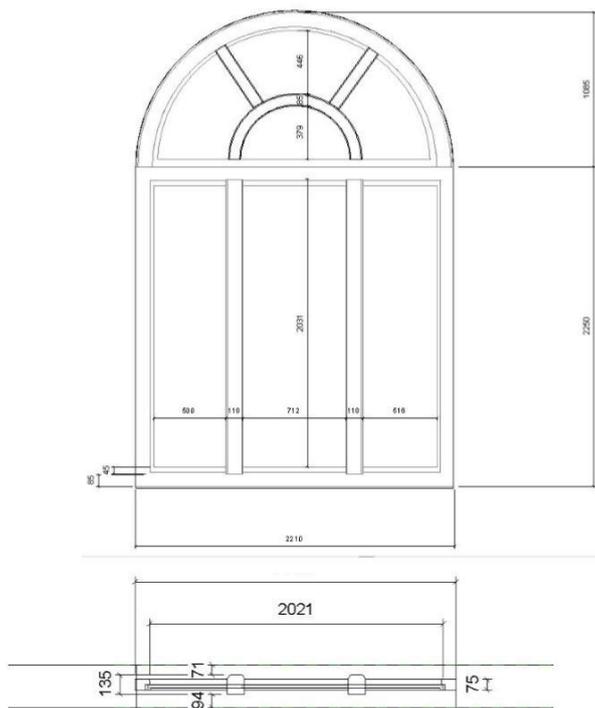
(Fig. 61 – Abaco dei serramenti perimetrali del Santuario del Trompone, elaborato tramite Excel).

Da questa tabella è possibile osservare il computo dei serramenti presenti nel secondo caso studio, ovvero il complesso edilizio del Santuario del Trompone. Tale computo, oltre ad esprimere la quantità di tali serramenti, indica anche le tipologie di famiglia e le relative dimensioni alla base ed in altezza, permettendo inoltre l'inserimento di valori relativi ai costi, al produttore ed ai materiali di cui sono composti gli elementi.

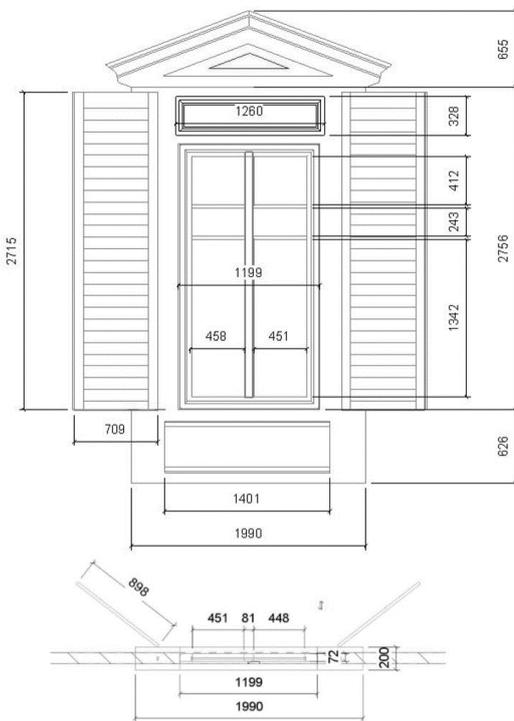
Nella pagina successiva sono stati riportati i disegni di rilievo inerenti alle 4 tipologie più caratteristiche, escludendo le altre, in quanto di minore importanza e di minor pregio.



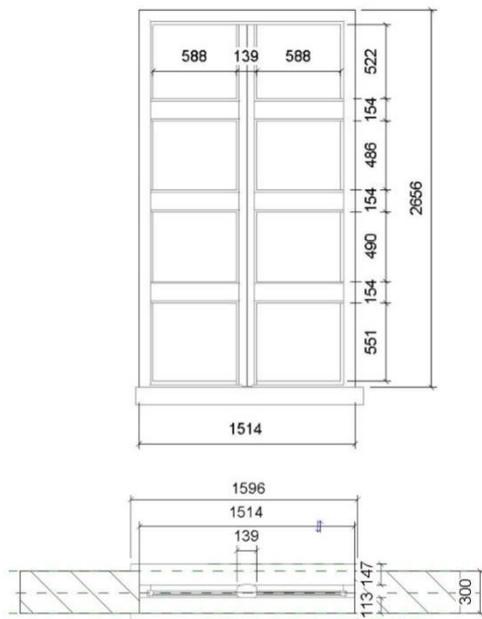
TIPOLOGIA 1



TIPOLOGIA 2



TIPOLOGIA 3



TIPOLOGIA 4

(Fig. 62 – Abaco dei serramenti, disegni quotati delle 4 tipologie principali).

## 6. GESTIONE INFORMAZIONI MODELLO E DATI

Il software Revit (B.I.M.) comprende funzionalità per la progettazione architettonica, l'ingegneria MEP, la progettazione strutturale e le costruzioni. Revit supporta un processo di progettazione collaborativo multidisciplinare, permettendo di massimizzare l'efficienza dell'intero processo e di ridurre le tempistiche.

### 6.1 Abachi quantitativi

Uno dei più grandi vantaggi offerti dall'utilizzo di programmi basati sulla metodologia B.I.M. consiste nella possibilità di esportare le informazioni contenute all'interno del modello tramite formato .txt.

Questa procedura grazie alle interoperabilità riscontrate con il programma Excel, fornisce la possibilità di computare tutti gli elementi che lo definiscono, come ad esempio il numero e la tipologia dei serramenti, degli arredi dei muri, fino alle informazioni che determinano le caratteristiche geometriche dell'edificio.

Tale opzione risulta essere molto utile soprattutto durante le fasi di revisione e verifica del soddisfacimento dei requisiti normativi dell'edificio stesso, come ad esempio il rapporto aero-illuminante dei locali interni. Grazie a questa funzione è possibile ridurre notevolmente le tempistiche legate alle fasi di analisi e verifica del progetto ed inoltre vengono limitati al minimo gli errori legati alle disattenzioni dell'operatore.

Qui di seguito viene riportato l'abaco inerente al caso studio della villa Mirabello nel quale vengono messi in relazione i dati inerenti ai locali ai serramenti e alle grandezze fisiche degli spazi interni.

Abaco dei locali e verifica RAI							
Cod. Locale	Nome Locale	Livello	Area Mq	Altezza m	Volume	Area finestrata	RAI
1	stanza da letto 1	PT	19	2.44	45.52 m <sup>3</sup>	2,88	0,15
2	wc 5	PT	10	2.44	23.27 m <sup>3</sup>	0,25	0,03
3	cucina + living	PT	33	2.44	95.74 m <sup>3</sup>	6,7	0,20
4	wc 4	PT	12	2.44	28.10 m <sup>3</sup>	1,44	0,12
5	stanza da letto 2	PT	17	2.44	41.55 m <sup>3</sup>	1,44	0,08
6	salotto 2	PT	13	2.44	37.55 m <sup>3</sup>	5,26	0,40
7	cucina 2	PT	16	2.44	44.73 m <sup>3</sup>	2,89	0,18
8	cucina	P1	23	2.44	57.15 m <sup>3</sup>	4,1	0,18
9	wc 1	P1	6	2.44	15.31 m <sup>3</sup>	0,25	0,04
10	salotto	P1	46	2.44	110.98 m <sup>3</sup>	8,2	0,18
11	camera letto 1	P1	18	2.44	43.96 m <sup>3</sup>	1,44	0,08
12	camera letto 2	P1	17	2.44	40.58 m <sup>3</sup>	1,44	0,08
13	wc 3	P1	7	2.44	16.78 m <sup>3</sup>	1,44	0,21
14	camera letto 3	P1	14	2.44	34.08 m <sup>3</sup>	4,1	0,29
15	wc 2	P1	11	2.44	27.08 m <sup>3</sup>	1,44	0,13
16	mansarda 1	MANSARDA	73	2.44	178.60 m <sup>3</sup>	4,23	0,06
17	mansarda 2	MANSARDA	72	2.44	176.30 m <sup>3</sup>	4,23	0,06

(Fig. 63 – Selezionamento di una superficie planare inerente al tetto del Santuario, elaborata tramite 3DReshaper).

Dall' abaco (Fig. 63) si può facilmente notare come in alcuni locali non venga rispettato il rapporto R.A.I. previsto dalle normative, e sarà dunque utile tenerne conto durante la fase progettuale in previsione dell'adeguamento all'attività di ospedalizzazione domiciliare.

Questo tipo di analisi automatica permette di ridurre notevolmente le tempistiche delle fasi analitiche e valutative sulle condizioni dell'oggetto esistente, ma possono anche essere comunque uno strumento molto utile anche per le fasi di progettazione ed applicazione delle scelte progettuali e per verificare la conformità alle normative degli interventi proposti.

## 6.2 Elaborazioni 2D e grafici

Durante le varie fasi di sviluppo di un qualsiasi progetto, è auspicabile avere in dotazione strumenti e metodologie di lavoro, che permettono di effettuare in modo rapido ed efficiente valutazioni approfondite di tipo quantitativo e qualitativo, come ad esempio analisi sulla radiazione solare diretta all'interno degli ambienti ed il soleggiamento, o valutazioni legate ai costi di gestione, trasformazione, restauro, ecc... A tal proposito, oltre al monitoraggio e alla gestione di dati ed informazioni connesse al progetto, grazie all'utilizzo di software della famiglia B.I.M., come ad esempio Revit, sarà molto semplice esportare tali informazioni in formati 2d. Per far ciò sarà necessario dedicare molto più tempo alla raccolta ed all'inserimento dei dati all'interno del modello, soprattutto nelle fasi iniziali della progettazione.

Una volta ultimata la fase di inserimento dei dati all'interno del modello di progetto, è stato possibile estrarre elaborati come piante, sezioni e prospetti direttamente dal modello 3d, create impostando un livello di taglio a piacimento e successivamente esportate in formato .dwg per eventuali correzioni o tramite esportazione di file di tipo Raster, creando elaborati pdf, .jpg. o .TIFF.

Questi abachi, danno la possibilità di generare tabelle contenenti le tutte le informazioni degli oggetti rappresentati, raggruppandole a seconda delle necessità per:

- Nome Locale
- Codice Locale
- Livello di Riferimento
- Area calpestabile e totale
- Volume

Oltre alle caratteristiche fisiche e geometriche dell'oggetto, possono essere aggiunte informazioni specifiche ai fini economico-manutentivi a seconda del tipo di elemento e della finalità del progetto, infatti, mentre nell'abaco dei locali verranno inserite informazioni riguardanti l'accessibilità degli spazi, la conformità alle normative igienico-sanitarie e antincendio, fino alla segnalazione di dispositivi per il superamento delle barriere architettoniche.

È inoltre possibile evidenziare alcuni elementi rispetto ad altri (in base alle necessità di rappresentazione), mediante la modifica e la sostituzione dei parametri inerenti a ogni singolo elaborato.

Come si può evincere dall'immagine sotto-riportata, è stato possibile esportare elaborati 2D finalizzati alla valutazione degli spazi interni dell'ipotesi progettuale applicata al caso studio di Villa Mirabello. Dopo aver definito le geometrie dei locali, il software ha permesso di distinguerle per colore ed in base alla destinazione d'uso di tale stanza, calcolando, inoltre, in modo automatico l'area calpestabile degli stessi.



(Fig. 64 – Planimetria di progetto degli spazi interni con definizione dei locali e delle superfici calpestabili, elaborata tramite Revit).

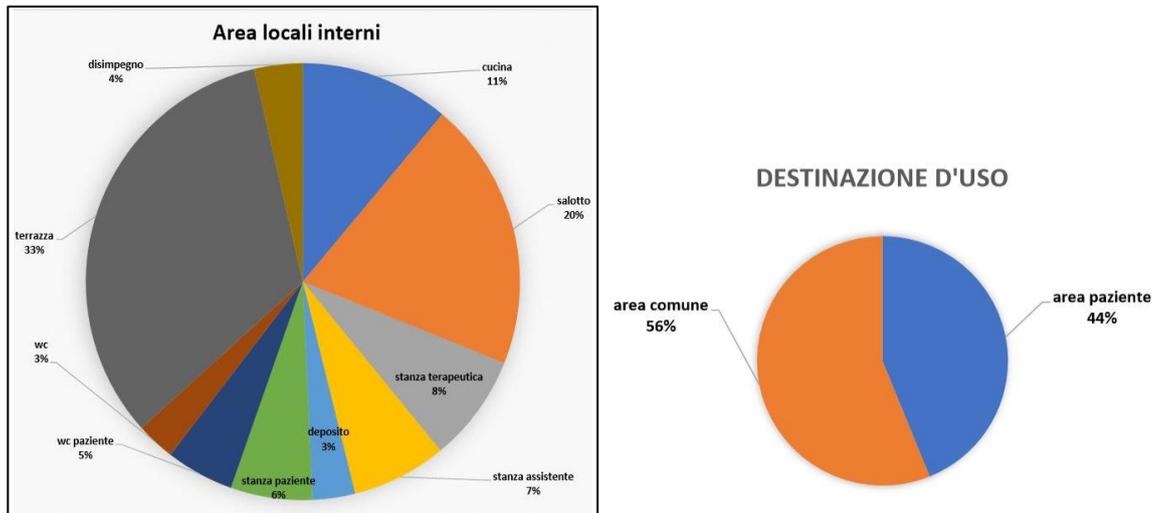
Le informazioni relative a tali locali possono inoltre essere esportate sotto forma di rapporti grafici o testuali, anche grazie alla ottima interoperabilità dimostrata con software di calcolo e analisi, tra cui anche Microsoft Excel.

Importando i dati in Excel sotto forma di file .txt, ed impostando l'inserimento di segni grafici come virgole, punti o "tab", è possibile trasformarli direttamente in file tabellari.

Abaco dei locali			
Codice locale	Nome	Piano	Area mq
1	cucina	P1	25,2
2	salotto	P1	45,3
3	stanza terapeutica	P1	18,1
4	stanza assistente	P1	16
5	deposito	P1	7,2
6	stanza paziente	P1	13,8
7	wc paziente	P1	11,5
8	wc	P1	6,5
9	terrazza	P1	75
10	disimpegno	P1	8,2
Area totale+terrazza			226,8

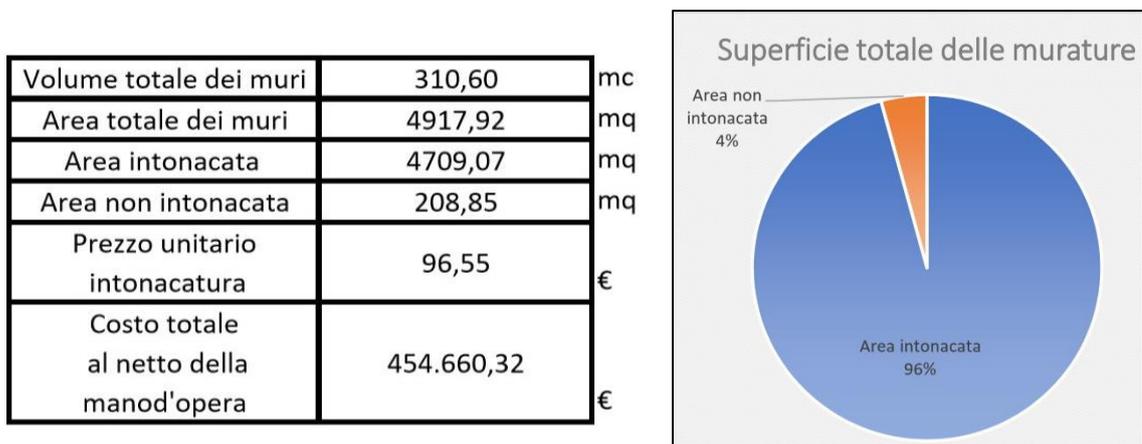
(Fig. 65 – Abaco dei locali di progetto, con indicazione delle caratteristiche essenziali dei locali interni, realizzato tramite Excel).

Come si può notare dai grafici riportati qui di seguito, sono state effettuate delle valutazioni legate alla suddivisione degli spazi interni in base alle destinazioni d'uso previste dall'ipotesi progettuale, mettendo in relazione gli spazi ad uso comune con quelli destinati esclusivamente al paziente ed alle cure.



(Fig. 66 – Diagrammi a torta inerenti alla suddivisione degli spazi interni in base alla destinazione d'uso ipotizzata, realizzati tramite Excel).

Tale metodologia è stata applicata anche per compiere indagini di tipo quantitativo inerente al computo dei materiali, delle aree, del numero di arredi fissi, dei serramenti vetrati e di quelli opachi, fino ad arrivare ad analisi legate ai costi di manutenzione di alcune porzioni degli edifici presi in esame.



(Fig. 67 – A sinistra, Tabella riassuntiva delle quantità di elementi in muratura che compongono l'involucro esterno del Santuario del Trompone, con indicazione dei costi di intonacatura; A destra, Diagramma a torta con percentuali delle quantità, realizzati tramite Excel).

Come si può notare dal grafico e dalla tabella riportati precedentemente (Fig. 67), sono state compiute analisi quantitative inerenti al caso studio del Santuario del Trompone.

Nello specifico sono riportati i dati inerenti alle pareti esterne del complesso. È stata compiuta una suddivisione in base alla tipologia di finitura superficiale, distinguendo le murature intonacate da quelle in muratura a vista.

Infine, associando a tali dati un prezzo unitario (tratto dal Preziario Regione Piemonte 2017), è stato possibile effettuare una rapida stima dei costi legati a tale prodotto.

## 7. RESA GRAFICA

Per effettuare la resa grafica dei due progetti, la scelta è ricaduta sull'utilizzo di un software chiamato Lumion 8.0. Tale software è interamente dedicato alla modellazione del contesto ed alla resa grafica del modello 3D, rendendo possibile la creazione di Render, Video e Tour Virtuali. L'utilizzo di questo specifico software non mira alla resa iper-realistica del modello, ma è focalizzata sulla rappresentazione dello stesso all'interno del suo contesto, valorizzandone gli aspetti percettivi ed incentrandosi sul rapporto tra il costruito ed il non costruito, ovvero l'ambito naturale.

### 7.1 Render digitali

Per quanto riguarda l'elaborazione dei render progettuali, si è proceduto mediante l'esportazione dei due modelli realizzati con il software Revit tramite un apposito plug-in gratuito, fornito direttamente dalla casa Autodesk. Questo plug-in permette di esportare i file in formato COLLADA (.dae) ed importarli facilmente all'interno del programma dedicato alla resa grafica, Lumion 8. Dopo aver importato i due modelli all'interno di tale software, è stato necessario riapplicare alcuni materiali che erano andati persi durante l'esportazione, si è inoltre proceduto alla revisione dei parametri legati alla riflessione, alla luminosità, alla rugosità superficiale e alla trama superficiale di tutti gli elementi importati.

Infine, è stato possibile procedere alla fase di modellazione del contesto, inserendo gli elementi naturali, come alberi, arbusti e tipologia di suolo, cercando di simulare la configurazione dello stato di fatto nel modo più fedele possibile. Sono poi stati inseriti elementi di contesto secondari, come persone, animali e automobili al fine di facilitare la comprensione delle scelte progettuali e la destinazione d'uso degli spazi.

L'utilizzo di questa tecnica di rappresentazione si presta in modo efficace per valutare le condizioni di illuminamento del sito, tenendo conto delle ostruzioni esterne. Dalle immagini sotto-riportate è possibile notare il rapporto tra il costruito e l'ambiente circostante.



(Fig.68 – Vista fronte Ovest di Villa Mirabello, realizzata con Lumion 8).



(Fig.69 - Vista dall'angolo Nord-Ovest di Villa Mirabello, realizzata con Lumion 8).



(Fig.70 – Vista fronte Nord del complesso edilizio del Santuario del Trompone, realizzata con Lumion 8).



(Fig.71 – Vista dall'angolo Sud-Est del Santuario del Trompone, realizzata con Lumion 8).

## 7.2 Video digitali

Grazie all'utilizzo del software Lumion 8, è stato possibile realizzare due filmati digitali di breve durata che mostrano nell'insieme i due modelli realizzati.

La visualizzazione di un video, a differenza di un'immagine fissa, consente ad un fruitore di poter orientarsi all'interno del progetto efficacemente, osservando il modello nella sua totalità invece che singole porzioni e prospetti. Questa tecnica di rappresentazione si presta dunque molto bene per l'utilizzo durante presentazioni orali ad un pubblico anche non esperto del settore, grazie anche all'inserimento di animazioni e per effettuare simulazioni energetiche legate all'illuminazione naturale in base alla georeferenziazione del modello. Un ulteriore vantaggio derivante dalla rappresentazione tramite video digitale consiste nella velocità di comunicazione.

Esso infatti è in grado di riassumere tutte le parti più significative in un lasso di tempo ridotto, anche senza l'ausilio di elaborati esterni o fonti scritte. I due video sono poi infine stati caricati sulla piattaforma di streaming video digitale YouTube, tramite il quale è possibile visionarli e diffonderli efficacemente. Qui di seguito sono riportati i link relativi ai due casi studio:

### **- Video 1 - Villa Mirabello**

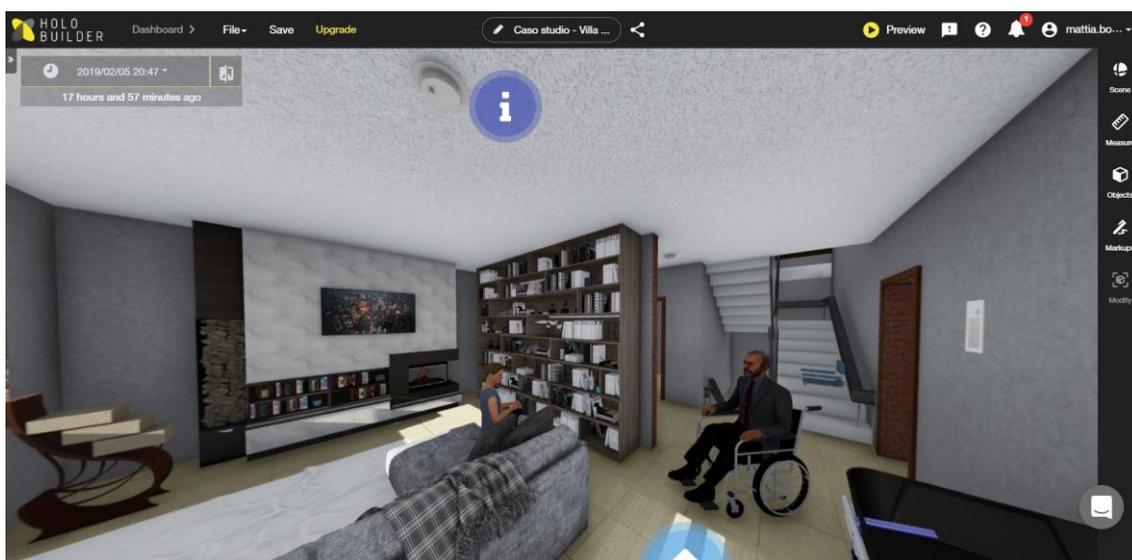
<https://www.youtube.com/watch?v=3v-PBEol9Ds>

### **- Video 2 - Santuario del Trompone**

<https://www.youtube.com/watch?v=VVOiuHUZAnY>

### 7.3 Realtà Virtuale

L'utilizzo di questa metodologia di rappresentazione è derivato dalla volontà di favorire la comprensione di tali modelli anche a fruitori non appartenenti al settore dell'architettura, permettendo ad essi di immergersi virtualmente all'interno del progetto per comprenderne le finalità e gli spazi in modo chiaro e rapido. Ultimata la fase di modellazione 3D di entrambi i casi studio, è stato possibile realizzare due tour virtuali mediante la realizzazione di render panoramici. Questa procedura è stata svolta direttamente dal software Lumion 8.0 Pro, dando la possibilità di salvare ed estrarre i file in formato .jpeg, .png o .TIFF. Queste immagini sono state poi importate all'interno di un software online chiamato Holobuilder, disponibile gratuitamente, tramite il quale è stato possibile collegare tra di loro le foto panoramiche realizzate, creando un percorso virtuale, visibile tramite smartphone, tablet e computer.



(Fig.72 – Immagine estratta dal Tour virtuale di Villa Mirabello).

Qui di seguito sono stati riportati i due codici QR relativi ai due casi studio presi in esame. Scannerizzando questi codici mediante l'utilizzo di un'app dedicata alla lettura di codici a barre o QR sarà possibile vedere i due progetti realizzati: in alto quello relativo all'ipotesi progettuale di adeguamento di Villa Mirabello, trattata nello specifico nella Parte II della tesi; in basso il modello relativo al rilievo del Santuario del Trompone.

## REALTA' VIRTUALE DEI DUE PROGETTI

Per visualizzare le due simulazioni virtuali realizzate, è possibile scannerizzare i due QR-Code riportati qui di seguito. Per una corretta visualizzazione si consiglia di utilizzare un'app gratuita per smartphone chiamata Free QR- Code Reader e di utilizzare, se possibile, un Visore per smartphone.



Villa Mirabello



Santuario del Trompone

## 8. INTEROPERABILITÀ B.I.M.

“L’interoperabilità si definisce come la capacità di condividere e scambiare rapidamente ed accuratamente dati e informazioni di prodotti e di processi tra i sistemi utilizzati dal team di progettazione, migliorando l’efficacia e l’efficienza del processo edilizio. In merito a questo è stata pubblicata la norma UNI 11337 relativa alla gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni. L’obiettivo è quello di concentrare le attività sul processo facilitando la circolazione delle informazioni digitali tra i diversi soggetti coinvolti nella filiera. Questo approccio porterà verso l’integrazione dei soggetti e delle fasi del processo sfruttando le potenzialità in termini di interoperabilità tra i software esistenti, garantendo anche un aggiornamento continuo delle informazioni inserite”.

(Cumo, Sferra, & Pennacchia, 2016).

Come punto di partenza per l’analisi delle interoperabilità è stato necessario individuare le possibilità che il software Revit può offrire, ovvero i formati di input e output disponibili all’interno di tale programma.

Qui di seguito ho raccolto ed indicato tutti i possibili formati di file riconosciuti dal programma Revit, indicati in formato tabellare, tramite il quale è stato possibile individuare le corrette procedure da effettuare.

### File importabili su Revit

Dati per creazione superfici topografiche:

.csv	.txt
------	------

Nuvole di punti:

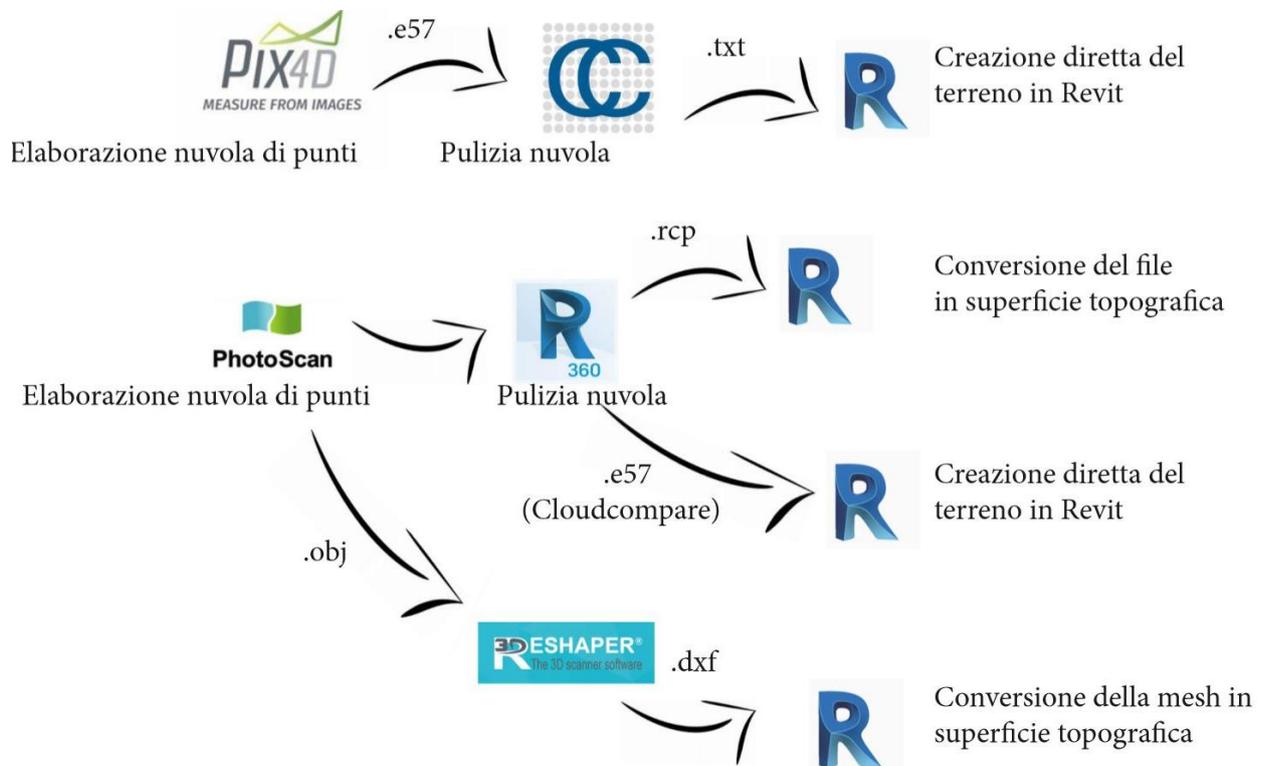
.ptx	.rcs	.fws	.mcp
.rds	.3dd	.cl3	.obj
.rep	.clr	.ixf	.ptg
.rxp	.e57	.las	.pts
.rcp	.fls	.las84	

File CAD:

.skp	.dwg	.dxg	.dgn	.sat
------	------	------	------	------

Successivamente verranno invece indicati, sotto forma schematica, tutti i procedimenti di importazione ed esportazione effettuati per la realizzazione delle varie fasi della Parte I di questa tesi, suddividendoli in base alla tematica ed ai software utilizzati.

## 8.1 Terreno

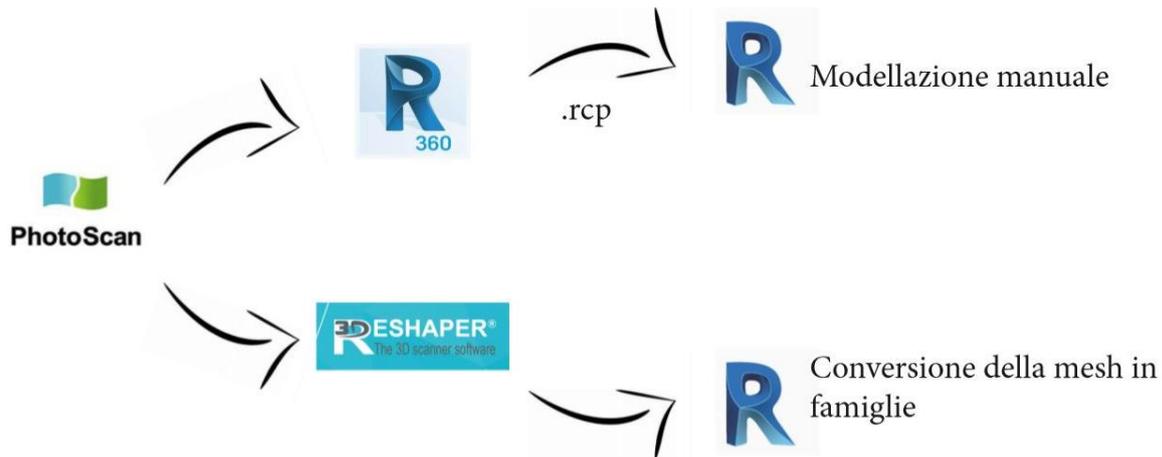


(Fig.73 – Schema riassuntivo delle procedure principali e dei formati input e output della fase inerente alla Nuvola di punti, elaborato tramite Photoshop).

Per quanto riguarda le fasi di modellazione della superficie tridimensionale del terreno e l'elaborazione della nuvola di punti del DTM (Digital Terrain Model), sono stati intrapresi due percorsi distinti.

Per il caso studio di Villa Mirabello, la scelta iniziale è ricaduta sul software Pix4D, tramite in quale è stata elaborata la nuvola di punti e dopo le fasi di pulitura nel programma Cloudcompare, sono state esportate le coordinate dei punti (con distanza massima di 5 cm tra i punti) in formato .txt. Per il Santuario del Trompone, invece, sono stati eseguiti più percorsi paralleli, partendo dal software Photoscan. La pulitura delle nuvole e l'estrazione delle superfici è stata eseguita con Recap e con 3DReshaper.

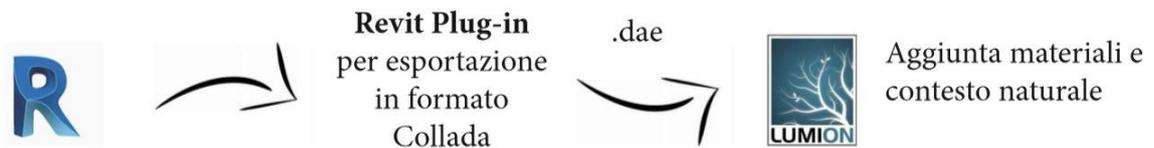
## 8.2 Componenti edificio



(Fig.74 – Schema riassuntivo delle procedure principali e dei formati input e output della fase inerente alla modellazione degli edifici, elaborato tramite Photoshop).

L'estrazione di componenti edilizi, tramite algoritmi di interpolazione delle superfici planari continue, è stata effettuata solo sul secondo caso studio, ovvero il Santuario del Trompone. Tale scelta deriva dalla grandezza dei due complessi edilizi e dalla presenza di una grande quantità di decorazioni, che nel primo caso studio non erano presenti. Tramite il programma 3DReshaper è stato possibile creare mesh di tutte le principali superfici planari, come tetti, murature, superfici vetrate fino ai singoli elementi di ornamento. Queste superfici sono poi state estratte in formato .dxf e .dwg in quanto unici formati compatibili con Revit. Una volta importate all'interno del software B.I.M., tali mesh sono state usate come riferimento tridimensionale per la creazione di famiglie 3D, perfettamente interoperabili con il programma digitale.

### 8.3 Resa grafica



(Fig.75 – Schema riassuntivo delle procedure principali e dei formati input e output per la resa grafica dei modelli 3D, elaborato tramite Photoshop).

Per importare il modello 3D, creato con Revit, all'interno del software Lumion 8 è stato utilizzato un plug-in specifico della famiglia Autodesk per l'esportazione in formato Collada (.dae). Tale operazione ha permesso di mantenere il modello e le texture dei materiali invariate, senza alcuna perdita di dati.

### 8.4 Dati analitici



(Fig.76 – Schema riassuntivo delle procedure principali e dei formati input e output per l'elaborazione di dati analitici, elaborato tramite Photoshop).

Per quanto riguarda l'esportazione delle "informazioni", ovvero di tutti i dati inerenti al modello elaborato e ai suoi componenti, è stato possibile esportare dei report sotto forma di file .txt. Tramite un apposito pannello vengono impostati i parametri di esportazione dei dati e la loro formattazione, per poterli successivamente importare e rielaborare tramite Excel.



## PARTE II



## 9. OSPEDALIZZAZIONE A DOMICILIO

### 9.1 Definizione

Come viene segnalato nel D.M. 12/04/2002, “non esiste tuttora all’interno della letteratura scientifica una definizione chiara ed univoca del concetto di Ospedalizzazione a domicilio (Oad), ma essa viene solitamente collegata semanticamente al termine inglese “home care”, legato dunque solo al concetto di cura e assistenza all’interno dell’ambiente domestico”.

Tale termine indica infatti una forma di assistenza alla persona, che sia esso malato, disabile o anziano, offerta a domicilio, senza che essi debbano recarsi in ospedale o in ambulatorio.

Andando più nello specifico, la cura domiciliare si basa su di un insieme di attività sanitarie mediche, infermieristiche e attività legate alla riabilitazione psico-motoria. Queste devono essere integrate con gli interventi tutelari e socioassistenziali per la cura della persona nella propria casa attraverso l’assistenza continuativa, alternativa al ricovero ospedaliero, al quale di ricorre se necessario o per monitorare condizioni di patologia cronico-degenerativa, restando sostenibile economicamente nella sua totalità”.

Come viene descritto all’interno del decreto sopracitato:

“Lo scopo prioritario è la promozione di una buona qualità della vita del paziente e dei suoi familiari e, più precisamente, riguarda: il benessere psico-fisico, l’autonomia personale, la soddisfazione relazionale, affettiva e sociale, la condizione abitativa e la qualità dei servizi. L’assistenza domiciliare cerca di promuovere l’integrazione delle competenze professionali sanitarie con quelle sociali per realizzare programmi di cura e assistenza orientati a soggetti di qualsiasi età, che necessitano di un’assistenza continuativa o limitata nel tempo, erogabile al loro domicilio e sostenibile dal nucleo familiare favorendo il recupero delle capacità residue di autonomia e di relazione ed evitando il ricorso improprio al ricovero in ospedale o in strutture residenziali”.

La tipologia di assistenza varia in base alle priorità e alle condizioni di salute del paziente assistito e si suddivide in tre fasi, in base all'intensità dell'intervento richiesto:

- Fase intensiva

“Essa è caratterizzata da un impegno specialistico di tipo diagnostico – terapeutico – riabilitativo, di elevata complessità e di durata definita (tale fase assistenziale è riconducibile a forme dedicate di cure domiciliari o di Ospedalizzazione Domiciliare caratterizzata dalla gestione di un'équipe specialistica, di norma ad inquadramento ospedaliero)”; (D.M. 12/04/2002)

- Fase estensiva

“Questa fase è invece caratterizzata da una minore intensità terapeutica, tale comunque da richiedere una presa in carico specifica, a fronte di un programma assistenziale di medio e prolungato periodo definito (tale fase assistenziale è riconducibile alla definizione di Assistenza Domiciliare Integrata, in quanto affidata alla gestione di un'équipe territoriale, coordinata dal medico di medicina generale, con la possibilità di intervento consulenziale di natura specialistica”; (D.M. 12/04/2002)

- Fase di lungo-assistenza

“La terza fase è finalizzata a mantenere l'autonomia funzionale possibile e a rallentare il suo deterioramento, nonché a favorire la partecipazione alla vita sociale, anche attraverso percorsi educativi (tale modalità assistenziale è riconducibile alla definizione d'Assistenza Domiciliare Integrata, in quanto affidata alla gestione di un'equipe territoriale, coordinata dal medico di medicina generale, con la possibilità d'intervento consulenziale di natura specialistica)”. (D.M. 12/04/2002)

## 9.2 Il servizio di ospedalizzazione a domicilio di Torino

Il servizio di ospedalizzazione domiciliare a Torino è stato creato ed attivato nell'ottobre 1985, su direttiva della delibera dell'Usl 1-23 (To) redatta dalla Divisione universitaria di geriatria dell'Azienda ospedaliera S. Giovanni Battista-Molinette di Torino.

Tale servizio consiste nell'effettuazione dei principali interventi diagnostici e terapeutici normalmente fruibili in ospedale direttamente al domicilio del paziente avente diritto. Questo servizio può eventualmente essere integrato a brevi ricoveri ospedalieri, mirati all'accertamento della stabilità delle condizioni del paziente.

Il servizio è attivo sette giorni alla settimana, con orario continuato dalle ore 8.00 alle ore 20.00.

L'équipe medico-assistenziale delle Molinette è composta da 15 infermieri professionali (dedicati esclusivamente alla cura dei pazienti ricoverati a domicilio) e da otto medici geriatri e tre fisioterapisti, che integrano l'attività di assistenza domiciliare con altri servizi dell'unità operativa ospedaliera.

L'attivazione di tale servizio può avvenire su richiesta diretta del medico di base del nucleo familiare (in alternativa al tradizionale ricovero ospedaliero), oppure su richiesta dei medici di reparto o del Pronto soccorso, finalizzate a dimissioni protette e precoci.

“Le prestazioni sanitarie che vengono effettuate a casa del paziente sono molteplici. Esse spaziano dalle più semplici operazioni sanitarie come ad esempio i prelievi ematici, medicazioni, esecuzioni di eco-cardiogrammi, fino a prestazioni più complesse come il posizionamento di cateteri vescicali, il trattamento chirurgico di piaghe da decubito, la gestione di cannule venose centrali, terapie continuative, cure palliative per malattie incurabili, ecc. La cooperazione con i familiari del paziente è fondamentale, soprattutto per garantire una corretta igienizzazione del malato e per la sua mobilitazione durante la giornata.

La famiglia ricopre, infatti, un ruolo indispensabile nella gestione domiciliare dei pazienti ricoverati, soprattutto per finalità legate alla garanzia di continuità assistenziale e per l'importanza che le relazioni familiari ricoprono nel condizionare la qualità della vita della persona in cura.

Nella maggior parte dei casi, l'attivazione del servizio di degenza domiciliare deriva dalla necessità di un controllo medico costante e di cure infermieristiche continuative. Questa tipologia si applica solitamente a categorie di malati definite come gravi o molto gravi, che richiedono interventi multipli e complessi, comprendendo anche persone affette da malattie in fase terminale.

Per quanto riguarda la situazione del ricovero domiciliare, nel caso specifico della Città Metropolitana di Torino:

“La tipologia dei pazienti seguiti in Oad riflette sostanzialmente quella che si può rilevare in ospedale. La maggior parte dei pazienti è di età avanzata: circa il 50% ha oltre 80 anni. Le principali patologie motivo di ricovero sono nel 30.3% dei casi malattie cardiovascolari (scompenso cardiaco, esiti di recente cardiopatia ischemica), nel 27.3% neoplasie in fase avanzata, nel 12.2% malattie acute dell'apparato respiratorio, nell'8.7% malattie osteoarticolari (esiti recenti di fratture) e nel 7.6% cerebro-vasculopatie (in particolare ictus ischemico in fase acuta). Il 20% dei pazienti ospedalizzati a domicilio sono affetti da demenza e nell'8% dei casi il servizio è stato attivato per gravi disturbi del comportamento. Attualmente circa il 40% dei pazienti ospedalizzati a domicilio proviene dai reparti di medicina e chirurgia dell'Azienda sanitaria ospedaliera Molinette. La dimissione protetta e precoce va inserita in una attenta pianificazione del rientro al domicilio. In tal modo consente da una parte la riduzione dei tempi di degenza ospedaliera tradizionale, dall'altra viene ad essere un momento di definizione del percorso assistenziale dell'anziano malato cronico con conseguente diminuzione del fenomeno dei re-ricoveri, frequenti negli anziani fragili”.

(L'ospedalizzazione a domicilio: un servizio “ponte” tra ospedale e territorio, prospettive assistenziali, n. 141, 03/2016).

Sono infine stati riportati nell'Allegato 7, le tabelle e i grafici inerenti alle percentuali di ricoveri ospedalieri nella regione Piemonte, estratti dal rapporto annuale sulle attività di ricovero ospedaliero, SDO 2016 (Schede Dimissioni Ospedaliere), elaborata dalla Direzione Generale della Programmazione sanitaria - Ufficio 6, nel Maggio 2017.

### 9.3 Normative di riferimento

Qui di seguito sono state riportate e riassunte tutte le normative principali alle quali bisogna far riferimento, ponendo particolare importanza al Documento Conclusivo (D.M. 12/4/2002) elaborato dal Consiglio di Ospedalizzazione Domiciliare. In tale rapporto vengono infatti raccolte le principali proposte e i requisiti fondamentali in tema di ricovero a domicilio, proponendo tale pratica come elemento sostitutivo del classico ricovero ospedaliero. Tale soluzione nasce dall'esigenza sempre maggiore di trovare risposte alternative alla degenza ospedaliera, che è ormai diventata insostenibile a causa dell'aumento del tasso di vecchiaia, che impegna la maggior parte delle Nazioni europee.

- Piano Sanitario Nazionale 1994-96

All'interno del Piano sanitario nazionale 1994-96 viene auspicato e introdotto il potenziamento di diverse forme di assistenza sanitaria non ospedaliera. Nel capitolo 2.B di tale documento è previsto: "l'incremento delle attività erogate in regime di day-hospital finalizzato al trasferimento di circa il 10% dei ricoveri ospedalieri ordinari in trattamento a ciclo diurno e delle attività di assistenza ospedaliera direttamente nel domicilio del paziente interessato, lasciando però libero intervento alle Regioni a procedere con sperimentazioni e metodologie innovative, al fine di approdare a modelli organizzativi solidi".

- Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002)

Tale documento è stato redatto come sunto conclusivo sul tema dell'assistenza domiciliare riferita a portatori di handicap gravi, persone afflitte da patologie cronic-degenerative in stato avanzato o terminale e per persone anziane non autosufficienti. La stessa legge prevede, come definito al comma 3, che le "Regioni, al fine di contenere le richieste di ricovero ospedaliero di lunga degenza, adottano misure al fine di razionalizzare la spesa sanitaria facendo ricorso alla prevenzione e all'assistenza domiciliare medicalmente assistita".

- Piano Sanitario Nazionale 1998-2000

Il Piano sanitario nazionale 1998-2000, a differenza dei precedenti, è fortemente improntato alla prevenzione. Esso pone infatti una notevole attenzione all'assistenza domiciliare integrata all'assistenza medica continuativa, sottolineando però che tale metodologia prevede un radicale mutamento della concezione attuale di rapporto tra paziente e strutture sanitarie. “Anche la bozza del nuovo Piano sanitario nazionale 2002-2004, in fase di avanzata elaborazione, pone tra “i progetti obiettivi strategici” la creazione di una rete integrata di servizi sanitari e sociali per l'assistenza ai malati cronici, agli anziani ed ai disabili, utilizzando lo strumento della sperimentazione”. (D.M. 12/4/2002)

- D.L. 28/12/1998

All'interno del D.L. 28/12/1998, n. 450, vengono definite le “Disposizioni per assicurare interventi urgenti di attuazione del Piano sanitario nazionale 1998-2000” e inoltre vengono introdotti due interventi di notevole rilevanza:

- Viene destinato un finanziamento alle Regioni finalizzato all'assistenza domiciliare, soprattutto per i pazienti in fase critica;
- Viene definito un programma su base nazionale per la realizzazione di una o più strutture dedicate all'assistenza palliativa e di supporto per pazienti soggetti a patologia neoplastica terminale, da realizzarsi in tutte le regioni italiane.

Per dare attuazione a tale programma sono stati adottati sia il Decreto del Ministro della Sanità 28 settembre 1999 (D.M. 28/9/1999), in rispetto della legge n. 39/1999. In tale legge viene introdotto il “Programma nazionale per la realizzazione delle strutture per le cure palliative”, sia il D.P.C.M. 20/1/2000 all'interno del quale viene stabilito:

“L' Atto di indirizzo e coordinamento recante requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per i centri residenziali di cure palliative”.

(Gazzetta ufficiale n. 67 del 21.3.2000).

## 9.4 Requisiti e necessità

In questo capitolo ho cercato di riassumere tutti i principali requisiti inerenti sia alla sfera medico-infermieristica, che all'ambito architettonico dell'ambiente destinato alla degenza.

Tali informazioni dovranno poi fungere da linee guida per l'adeguamento di un'unità abitativa della villa presa come caso studio, ponendosi come modello tipo per sperimentazioni successive.

### 9.4.1 Ambito medico

Per quanto riguarda i requisiti e le necessità in ambito medico, vengono prima di tutto definiti i destinatari a cui sono rivolte, per categoria, le cure domiciliari, ovvero le persone non autosufficienti o a rischio di non autosufficienza, con le seguenti priorità:

- Patologie in fase terminale per persone soggette a malattie inguaribili per le quali non esistono trattamenti specifici;
- Fasi di riacutizzazione di patologie croniche in critici/multiproblematici e/o non autosufficienti;
- Fasi acute e subacute gestibili a domicilio;
- Pazienti afflitti da patologie croniche o in particolari condizioni di disagio sociale;
- Anziani e portatori di gravi disabilità.

Come requisiti essenziali per l'attivazione di un percorso di degenza domiciliare sono stati individuati i seguenti criteri:

- Effettiva necessità in base alle condizioni cliniche ed al bisogno di interventi assistenziali compatibili con la permanenza del paziente al proprio domicilio;
- Possibilità di disporre di un'adeguata condizione abitativa, di un valido ausilio familiare e/o di una rete di aiuto informale per lo svolgimento delle attività quotidiane.
- Attuazione di nuovi progetti finalizzati all'offerta di servizi sostitutivi del classico ricovero ospedaliero;
- Sviluppo dei sistemi innovativi ed informatici, favorendo la condivisione delle informazioni fra le varie strutture sanitarie;
- Rispondere positivamente ai requisiti finanziari e di efficienza di utilizzo delle risorse di tutti gli interventi proposti.

Va inoltre sottolineato, che nel caso specifico della città metropolitana di Torino, tale servizio è applicabile solo se la residenza del paziente è ubicata entro una distanza massima di 30 minuti di macchina dalla struttura ospedaliera di riferimento.

### 9.4.2 Ambito edilizio

Per quanto concerne invece l'ambito edilizio ho individuato i principali requisiti e le prestazioni che l'edificio deve garantire per mantenere o addirittura migliorare le condizioni del paziente in esso ricoverato e la qualità delle cure e dei servizi legati al recupero delle capacità motorie.

Innanzitutto, devono essere rispettati tutti i requisiti normativi previsti e descritti nel D.M. 05/07/1975, nel D.P.R. 06/6/2001, n.1 e nel D.M. 17/1/2018 ed essere conformi alle norme antincendio previste dal D.P.R. 01/8/2011, n. 15 e dal D.M. 16/5/1987, n.246. L'unità abitativa deve dunque risultare a norma di legge.

Tali requisiti non bastano però a soddisfare a pieno le esigenze legate a casi particolari, come ad esempio quelli legati a persone con disabilità psico-fisiche. Ho dunque individuato alcuni ulteriori requisiti, mirati al soddisfacimento delle principali esigenze mediche legate al paziente:

#### ACCESSIBILITA:

- Presenza di dispositivi per il trasporto verticale, come ascensori o binari elettrici;
- Assenza di barriere architettoniche.

#### IGIENE:

- Presenza di vasca da bagno e appositi supporti per il sostegno;
- Presenza di letto con sponde reclinabile, per facilitare l'equipe medico-assistenziale durante le fasi di medicazione, ove il paziente sia impossibilitato a muoversi.

## DISPOSIZIONE INTERNI:

- Prevedere la creazione di una stanza dedicata alle attività di medicazione, offrendo ampi spazi di manovra e limitando al minimo gli arredi, per facilitare le operazioni di igienizzazione della stanza;
- Posizionare possibilmente la stanza dedicata alle cure vicino al bagno, per ridurre le distanze e facilitare le operazioni di cura del paziente;
- Prevedere ove possibile la creazione di un'area dedicata alle attività di riabilitazione motoria, con l'inserimento di macchinari e strumenti atti al recupero motorio;
- Predisporre supporti o mancorrenti lungo le pareti interne, per facilitare i pazienti con problemi di deambulazione;
- Predisporre l'utilizzo di impianti domotici, atti al monitoraggio delle condizioni termiche all'interno dell'ambiente;
- Predisporre l'utilizzo di impianti domotici assistenziali, legati al monitoraggio delle condizioni psico-fisiche del paziente e alla registrazione delle sue abitudini a fini di riabilitazione sia fisica che mentale.

Sono inoltre noti i benefici che l'ambiente naturale può offrire ad un paziente durante un qualsiasi tipo di ricovero, che sia esso domiciliare o non. Si suggerisce dunque, ove possibile, di garantire un contatto diretto con la natura, prevedendo aperture orientate verso aree naturali e favorendo la possibilità di trascorrere del tempo in ambienti naturali a contatto diretto con la vegetazione.

## 9.5 La Domotica assistenziale

Prima di definire cosa si intende con domotica assistenziale, ho deciso di riportare la definizione di domotica:

Secondo il dizionario Treccani:

“La domotica è lo studio e l’applicazione di un complesso di tecnologie basate sull’ingegneria informatica ed elettronica, aventi per obiettivo la realizzazione di una serie di dispositivi integrati che permettano di automatizzare e facilitare l’adempimento delle varie operazioni solitamente svolte in un edificio. Tali tecnologie utilizzano informazioni ottenute da una rete informatica alla quale l’edificio deve essere collegato. Alcuni esempi di applicazioni domotiche sono il controllo del sistema di riscaldamento, di alcuni elettrodomestici, della cucina, del sistema di sorveglianza ecc. Le principali finalità della domotica sono: ottimizzare la parte impiantistica delle costruzioni in termini di funzionalità, di sicurezza e di risparmio energetico; fornire assistenza alle persone che si trovano in condizioni di isolamento o di inabilità; aumentare le possibilità di intrattenimento audio-video per rendere un’abitazione più confortevole”. (Dizionario Treccani)

La domotica assistenziale è un settore della domotica che integra le principali soluzioni legate alla gestione ed all’efficientamento energetico della casa in maniera “intelligente” a nuove tecnologie legate all’ambito medico-diagnostico. Tale tecnologia prevede l’utilizzo di sistemi di monitoraggio dei parametri vitali del soggetto che risiede all’interno della casa permettendo all’equipe medica che segue il paziente di effettuare diagnosi in tempo reale da remoto per migliorare la qualità della cura e per ridurre i tempi di soccorso in caso di emergenze sanitarie.

Tali sistemi possono essere implementati mediante l’utilizzo di strumentazioni digitali e dispositivi “Smart” come ad esempio le pedane baro-podometriche, utili per valutare eventuali problemi legati ad un errata postura e appoggio del piede, braccialetti elettronici, che permettono di rilevare le limitazioni delle articolazioni, basandosi sui parametri legati alle capacità motorie del soggetto o anche delle maniglie delle porte Smart, in grado di rilevare la forza della presa manuale durante l’atto dell’apertura.

Qui di seguito è riportata una tabella da me elaborata, che cerca di sintetizzare e raccogliere tutti i principali vantaggi e svantaggi che derivano dall'utilizzo di tali tecnologie. Tali elementi sono stati distinti in due categorie: quelli relativi ai pazienti che decidono di farne utilizzo e quelli inerenti agli interessi della sanità pubblica (Fig.77).

	PAZIENTE	SANITA' PUBBLICA
VANTAGGI	Miglioramento qualità delle cure	Riduzione costi dei ricoveri
	Aumento della sicurezza	Riduzione numero dei ricoveri ospedalieri
	Assistenza continuativa	Efficientamento della condivisione dati
	Riduzione degli spostamenti	Miglioramento della fase riabilitativa del paziente
	Miglioramento della fase riabilitativa	Monitoraggio in tempo reale delle condizioni dei pazienti
	Efficientamento energetico	
	PAZIENTE	SANITA' PUBBLICA
SVANTAGGI	Aumento dei costi	Possibilità di errori legati al malfunzionamento degli strumenti
	Adeguamento dell'unità abitativa	Possibilità di squilibri prestazionali
	Possibilità di squilibri prestazionali	

(Fig.77 – Tabella riassuntiva dei principali vantaggi e svantaggi che derivano dall'impiego di impianti domotici assistenziali, elaborata tramite Excel).

## 10. IL RICOVERO IN STRUTTURE PRIVATE: IL SANTUARIO DEL TROMPONE

Tra le varie strutture sanitarie private, presenti sul territorio Regionale Piemontese, spicca per rilevanza il complesso del Santuario del Trompone.

Affidato nel 1970 alla cura dell'ordine dei Silenziosi Operai della Croce, il complesso ha subito numerose trasformazioni, prevedendo il ripristino della manica ottocentesca a Nord predisponendo al suo interno la creazione di un RSA (per lungo-degenza). A tale intervento si aggiunge inoltre la costruzione di un nuovo edificio a Sud del complesso del Santuario religioso (Fig.78). L'edificio è stato ultimato nel 2011 ed è interamente destinato a Casa di Cura (per degenza breve e acuti).



(Fig.78 – Planimetria del complesso edilizio del Santuario del Trompone, con indicazione dei principali servizi di assistenza).

## 10.1 La Casa di Cura

La Casa di Cura “Mons. Luigi Novarese” è una struttura sanitaria privata, specializzata sul recupero e sulla riabilitazione funzionale di secondo livello (Allegato 6 - cod. 56) ed offre servizi in forma di degenza o ambulatoriale a pazienti affetti da disabilità e/o soggetti a patologie ortopediche, neurologiche, cardiovascolari e anche quelle legate all'apparato respiratorio.

Il Centro di Riabilitazione è ubicato nell'edificio di nuova costruzione (2011), a Sud del complesso del Santuario del Trompone e si articola su tre piani fuori terra e un piano seminterrato. È situato all'interno di un'ampia area verde che comprende un parco ben curato e accessibile al pubblico ed è dotato di un comodo parcheggio per i visitatori. Tramite un passaggio sotterraneo è possibile raggiungere direttamente il complesso del Trompone e il suo storico convento.

Al piano terra, sono presenti una grande hall di ingresso per il check-in, un bar dotato di edicola, una cappella religiosa ed una “sala-famiglia” dedicata all'incontro con i parenti delle persone ricoverate. Su tale piano sono inoltre collocati un poliambulatorio con le relative “sale visita”, le sale destinate alla logopedia ed alla riabilitazione motoria dei pazienti, il reparto radiologia ed il laboratorio analisi.

I reparti di degenza sono ubicati al primo ed al secondo piano e contano circa 90 posti letto. Le stanze private possono essere singole o doppie e sono dotate di soggiorno, sala da pranzo e palestra riabilitativa. In ogni camera è prevista la presenza di letti a controllo elettrico, un ampio armadio personale, un bagno attrezzato per pazienti disabili, un elevatore automatico con binario a soffitto, porta scorrevoli di facile apertura e impianti di termo-climatizzazione.

Tutti i reparti di degenza sono dotati di sala infermieri e di una medicheria attrezzata con letto visita a sollevamento elettrico, elettrocardiografo e ecografo portatile.

Essi sono inoltre forniti di un impianto domotico di trasmissione telematica dei parametri vitali dei pazienti, grazie all'utilizzo di trasmettitori portatili, utilizzabili anche in movimento.

In ogni reparto vengono garantiti:

- La presenza giornaliera di un medico specializzato per il coordinamento dell'equipe assistenziale;
- Assistenza medica continuativa 24 ore su 24;
- Assistenza infermieristica continuativa;
- Assistenza religiosa.

La casa di cura è inoltre dotata di un laboratorio per le analisi, utilizzabile in caso di emergenze o per effettuare esami ematochimici di routine e di un'ambulanza propria per l'eventuale trasporto dei pazienti in ospedale in caso di necessità.

Il ricovero presso la casa di cura deve essere programmato in base alle modalità previste dalla Regione Piemonte, in ambito di strutture accreditate e convenzionate con il Servizio Sanitario Nazionale. La riabilitazione di secondo livello è rivolta prevalentemente a pazienti trasferiti dai reparti ospedalieri per "acuti" o provenienti da case di cura convenzionate all'interno del territorio regionale e nazionale.

## 10.2 La Residenza Sanitaria per Anziani

La Residenza Sanitaria per Anziani "Virgo Potesse" (che prende il nome dall'omonimo Santuario), è attualmente in fase di realizzazione. Questo progetto nasce dalla volontà di offrire una risposta ambientale e tecnologica, ma soprattutto professionale ed umana a persone affette da disabilità neurologiche gravi tramite la realizzazione di un RSA in grado di accogliere persone in stato vegetativo e di alta complessità neurologica cronica e per il ricovero di soggetti affetti da sclerosi multipla, recuperando e trasformando le due maniche a Nord del complesso del Santuario del Trompone.

Questo edificio è di proprietà dell'Associazione Silenziosi Operai della Croce (SOC) ed è attualmente inutilizzato. Tale edificio fu costruito originariamente, alla fine del 1800, per ospitare il Seminario Arcivescovile

della Diocesi di Vercelli. Nel 1970 è stato parzialmente trasformato dai proprietari per accogliere un “Centro di formazione e di addestramento professionale” per soggetti disabili, ma fu poi riconvertito nel 1998 in un “Centro di Riabilitazione e Rieducazione Funzionale” (CRRF). Nel 2011 la casa di cura è stata infine trasferita nella struttura di nuova costruzione, realizzata a Sud del Santuario, lasciando priva di funzione l’ala ottocentesca del complesso edilizio.

L’edificio destinato ad ospitare la RSA “Virgo Potens” è circondato da un parco privato secolare ed è collegato con la Casa di Cura, precedentemente descritta, tramite un collegamento sotterraneo. Questo stretto collegamento tra la struttura socio-assistenziale e quella ospedaliera è finalizzata al miglioramento dei servizi e delle fasi gestionali ed organizzative a beneficio dei ricoverati della struttura stessa.

Nello specifico, il progetto ipotizzato prevede di collocare circa 20 posti letto, dedicati ai Nuclei Alta Complessità (NAC) e Nuclei Stati Vegetativi (NSV), inerenti a disturbi della psiche e della memoria come l’Alzheimer, posizionati al primo piano, creando inoltre ulteriori 20 posti letto per i pazienti affetti da sclerosi multipla, da ubicare al secondo piano dell’edificio ristrutturato. Al piano terreno, invece, saranno localizzati i servizi generali legati alla gestione ed all’amministrazione, i locali dell’accettazione, la palestra terapeutica, un locale dedicato all’idroterapia ed infine un grande salone polivalente. L’area totale, oggetto dell’intervento, conta una superficie di circa 2.500 mq e prevede un costo di trasformazione di circa 2,5 milioni di euro.

## 11. GIARDINO D'INVERNO NEL SANTUARIO DEL TROMPONE

Per analizzare in che modo le Regioni e le strutture private si stiano adattando a quanto previsto dai riferimenti normativi citati nei capitoli precedenti, in ambito di ricerca e sensibilizzazione, ho scelto di descrivere una nuova proposta strettamente legata alla sperimentazione architettonica mirata al miglioramento della degenza e alla riabilitazione. Il seguente caso studio è stato realizzato da Enrico Casalnuovo, Bo Zhang e Fabrizio Davino, tre studenti del corso di laurea Magistrale "Costruzione e Città" del Politecnico di Torino, i quali hanno sviluppato il seguente progetto all'interno del corso di "Modellazione Digitale Parametrica", tenuto dalla professoressa Anna Osello. Tale ipotesi progettuale è stata premiata per la sua semplicità ed accuratezza.

### 11.1 Finalità dell'intervento

Il progetto è nato su volontà della committenza stessa, ovvero la Casa di cura mons. Luigi Novarese, che, per migliorare la qualità delle cure offerte all'interno della struttura, si sta muovendo nella direzione auspicata dal Piano Sanitario 1998-2000 in ambito di sperimentazione e ricerca. Nello specifico è stata prevista la realizzazione di un Giardino d'inverno, che dovrà essere collocato in sostituzione dell'attuale serra, ubicata nel cortile dell'ala ovest del complesso edilizio. Per tale intervento è stato impostato un vincolo di budget di circa 500.000 euro.

L'obiettivo principale è dunque quello di permettere ai pazienti in cura di compiere le proprie attività quotidiane in uno spazio chiuso e protetto, ma che sia, allo stesso tempo, in grado di mettere in diretta relazione le persone e la natura.

## 11.2 Descrizione del progetto



(Fig.79 – Assonometria dell'ipotesi progettuale del Giardino d'inverno, realizzata da E. Casalnuovo, B. Zhang e F. Davino).

Il progetto, realizzato mediante l'utilizzo del software Revit 2018, prevede la realizzazione di un una griglia strutturale di travi e pilastri in acciaio (HEA 140), basata su uno schema geometrico rigido e sulla ripetizione di moduli quadrati. Tale scelta è derivata dalla volontà di ricorrere all'impiego di pareti ventilate lungo l'intero perimetro della costruzione.

Per quanto riguarda la componente architettonica, il progetto di questo giardino d'inverno prevede la realizzazione di un pavimento interrato di 50 cm rispetto al piano di calpestio, caratterizzato da stratigrafia di spessore 30 cm, contenente calcestruzzo, isolante e massetto livellante.

La scelta di interrare l'attacco a terra è derivata dalla necessità di nascondere gli impianti al di sotto della struttura. Lungo il perimetro del solaio interrato è stato creato un muro contro-terra alto 50 cm dall'intradosso del solaio, che fa altresì da base per i serramenti, le vetrate continue ed i tamponamenti opachi (considerando che il pilastro è annegato nel solaio dove corrono le travi).

Il piano di calpestio vero e proprio è composto da un pavimento galleggiante, costituito da piedistalli regolabili in acciaio, ed è rivestito con pannellature continue in legno.

L' elevazione in altezza è composta da:

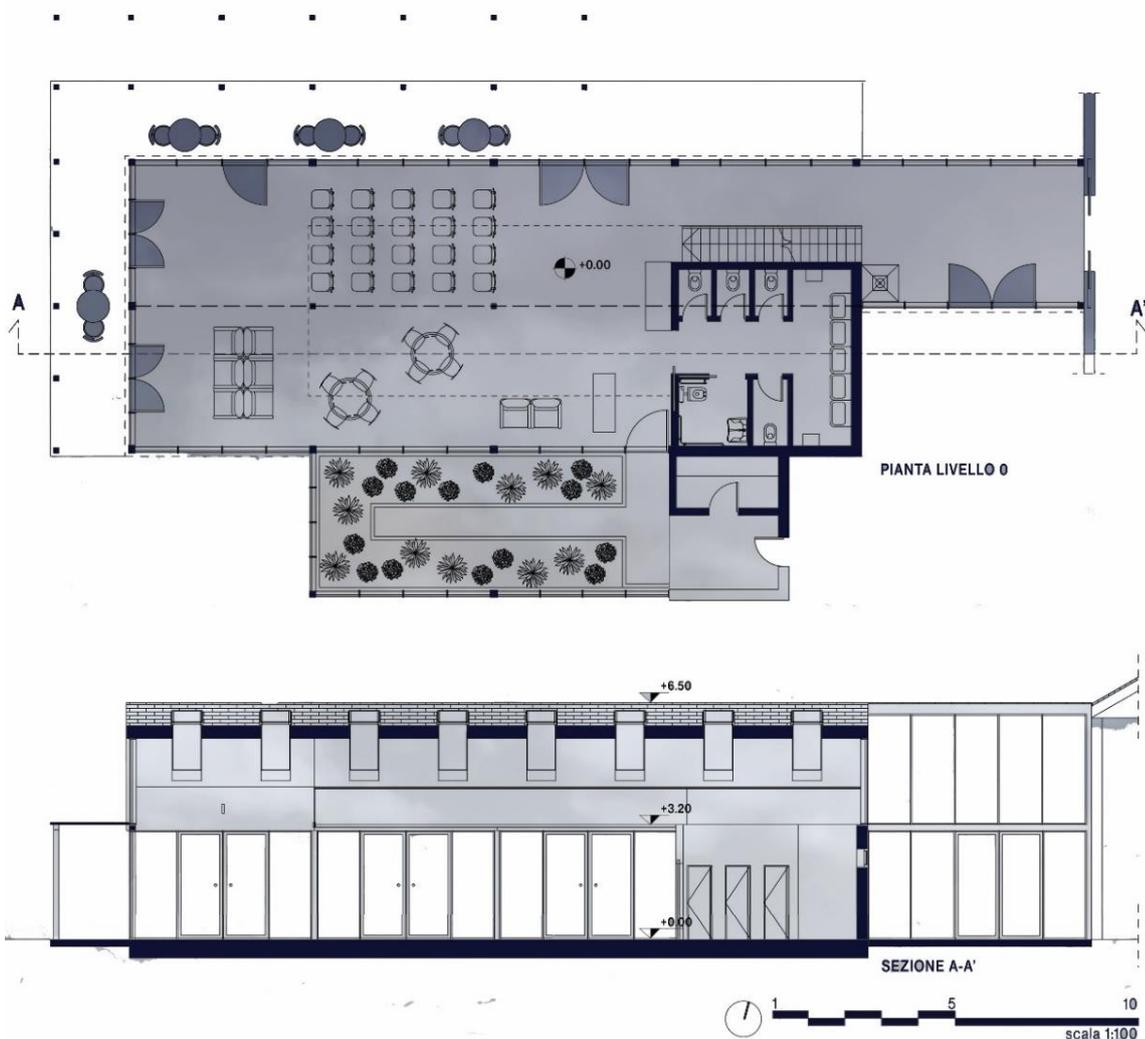
- Facciata continua: composta da serramenti vetrati a filo;
- Tamponamento opaco esterno: è composto da una struttura leggera in alluminio, connessa alle travi strutturali, alle quali è agganciato tutto il pacchetto del muro esterno, caratterizzato da un rivestimento in legno trattato per resistere alle intemperie, camera d'aria, strato di isolante, anima autoportante in legno, altro strato di isolante, barriera al vapore, camera d'aria secondaria e per concludere la finitura in legno interna;
- Tamponamento opaco interno: basato su struttura analoga a quella esterna, non prevede però la presenza di strati isolanti e barriera al vapore;
- Copertura a doppia falda: la stratigrafia di tale componente si articola in finitura esterna in coppi scuri, barriera impermeabile, strato isolante, struttura in legno, strato isolante autoportante, barriera al vapore ed infine una finitura interna in legno. È inoltre caratterizzata dall'inserimento di lucernari di dimensioni 80x300cm.

Ultimata la fase di modellazione di tali elementi, il progetto ha inoltre consentito la realizzazione degli impianti elettrico e idraulico, in previsione delle necessità legate alla destinazione d'uso designata.

Successivamente sono stati inseriti all'interno della struttura i servizi igienici, quindi wc e lavandini, modellando le relative tubazioni, ossia acqua fredda, acqua calda e acque reflue.

Infine, è stata ipotizzata la realizzazione di un'oasi artificiale dotata di tre vasche a specchio d'acqua per favorire la sosta di animali volatili migratori, la quale è stata collegata con un sistema di impianti idraulici al giardino d'inverno per garantire una corretta irrigazione della stessa e del giardino che la ospita.

Tale progetto è stato poi da me rielaborato ed inserito all'interno del modello di rilievo ed è possibile vederlo nel Tour virtuale inerente al Santuario del Trompone.



(Fig.80 – Planimetria e sezione di progetto, elaborate da E. Casalnuovo, B. Zhang e F. Davino, ipotesi Giardino d'inverno nel Santuario del Trompone).

## 12. IPOTESI PROGETTUALE: ADEGUAMENTO DI UN' UNITÀ ABITATIVA ALL'OSPEDALIZZAZIONE A DOMICILIO

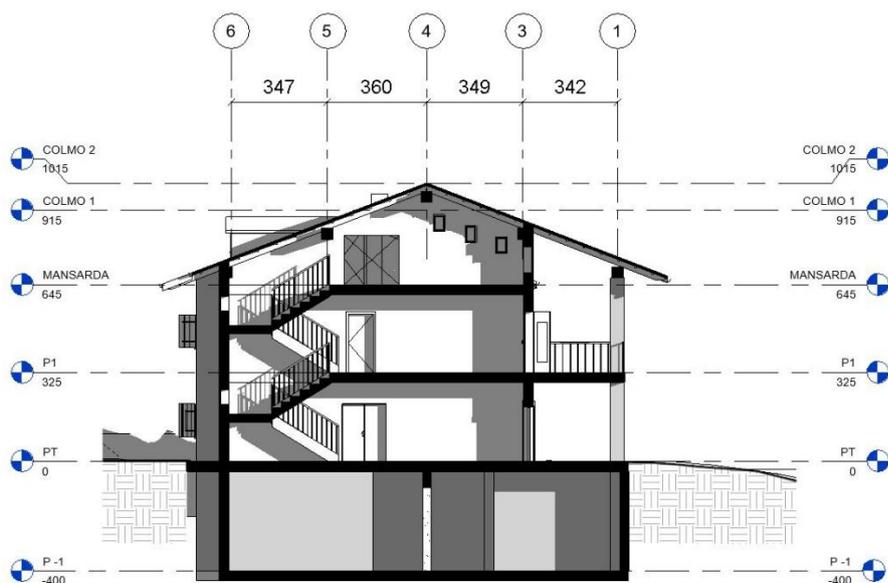
Ultimate le fasi di rilievo e ricostruzione 3D si è proceduto con un'analisi dello stato di fatto per verificare le prestazioni e le caratteristiche morfologiche delle unità abitative che compongono la villa. Questa fase è atta inoltre alla scelta del caso studio per l'applicazione dell'ipotesi progettuale, selezionando l'unità abitativa che meglio ingloba tutte le problematiche tipo legate a finalità di ricovero a domicilio.

### 12.1 Analisi dello stato di fatto

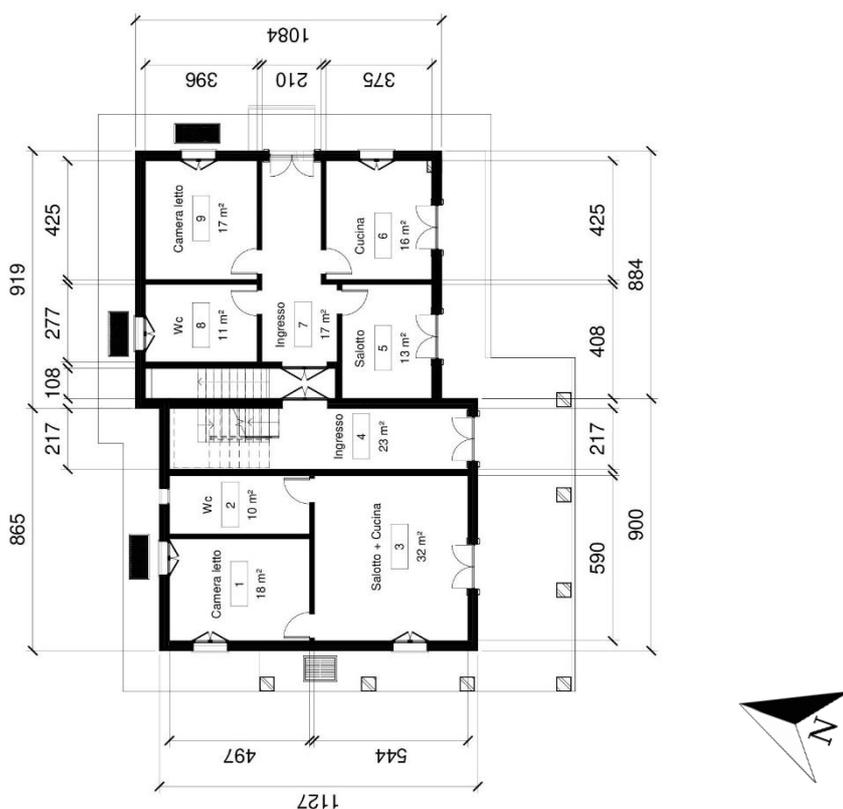
Il lotto è collegato tramite accesso privato alla strada pubblica, mediante viale carrabile in ghiaia culminante in un'area destinata a parcheggi a raso, ubicata a nord della struttura. Come si può evincere dalle planimetrie riportate qui sotto, l'edificio si articola in tre distinte unità abitative, due delle quali posizionate al piano terra. Queste ultime, data la loro ubicazione favorevole, non presentano barriere architettoniche che possano limitare o impedire l'accessibilità verso l'esterno.

L'unità abitativa posizionate al piano superiore, a differenza delle due precedenti, prevede un collegamento verticale tramite doppia rampa ed è totalmente sprovvista di mezzi automatizzati per il trasporto verticale, causando notevoli disagi ad un eventuale paziente con handicap motori. Sono state riscontrate inoltre notevoli problematiche interne legate alla larghezza delle porte (tutte le porte interne sono caratterizzate da un'apertura di 79 cm), che in nessun caso rispetta i requisiti normativi previsti per soggetti con disabilità deambulatorie.

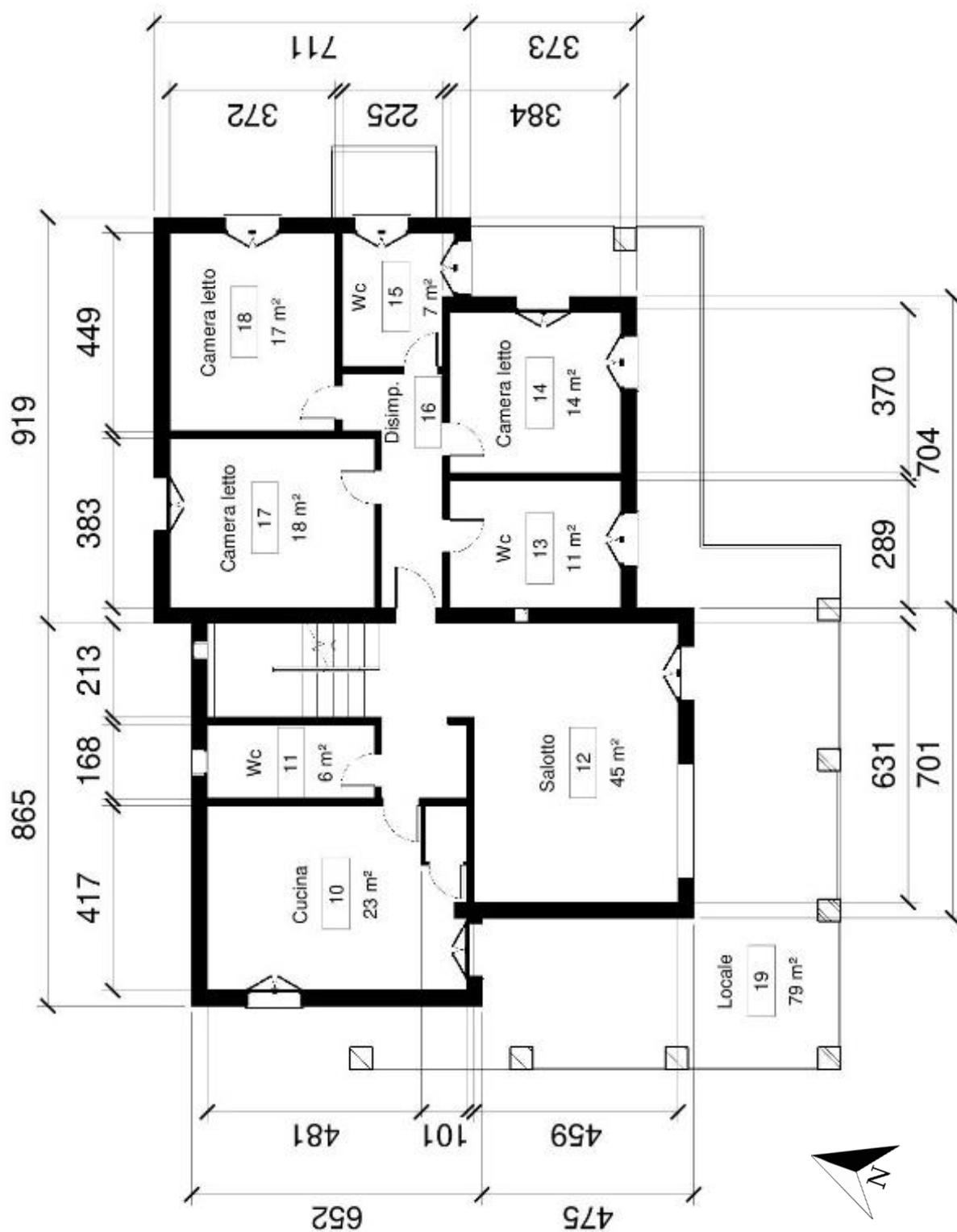
Partendo da questi presupposti la scelta dell'ipotesi progettuale è ricaduta unicamente sull'unità abitativa posta al primo piano, in quanto si presta perfettamente per lo sviluppo di un caso studio tipo, applicabile a sperimentazioni future ed applicazioni reali su unità abitative urbane ed extra-urbane (Allegato 4).



(Fig. 81 – Sezione sul vano scala centrale dello di stato di fatto, con indicazione dei livelli di quota e degli assi dei pilastri, realizzata tramite Revit).



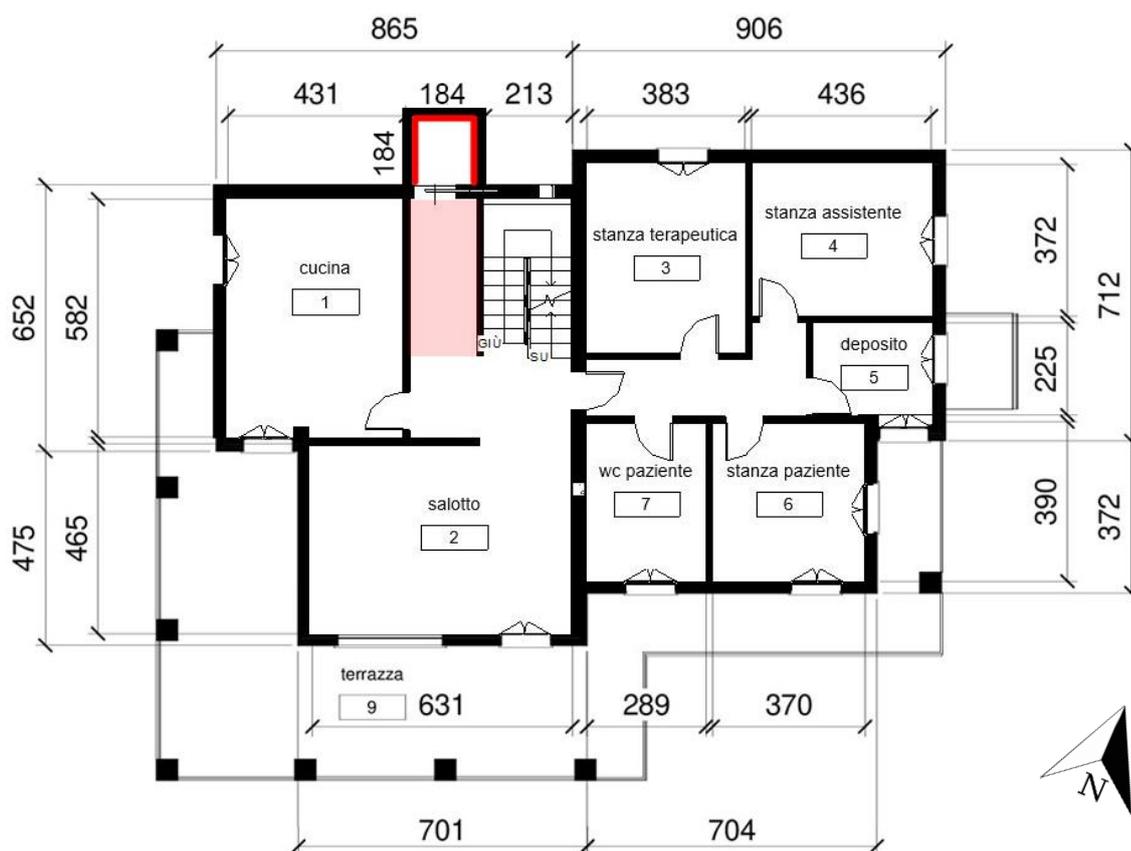
(Fig. 82 – Sezione sul vano scala centrale dello di stato di fatto, con indicazione dei livelli di quota e degli assi dei pilastri, realizzata tramite Revit).



(Fig. 83 – Planimetria del piano primo (sinistra) e del piano terra (destra) dello stato di fatto, realizzate tramite Revit).

## 12.2 Intervento di adeguamento

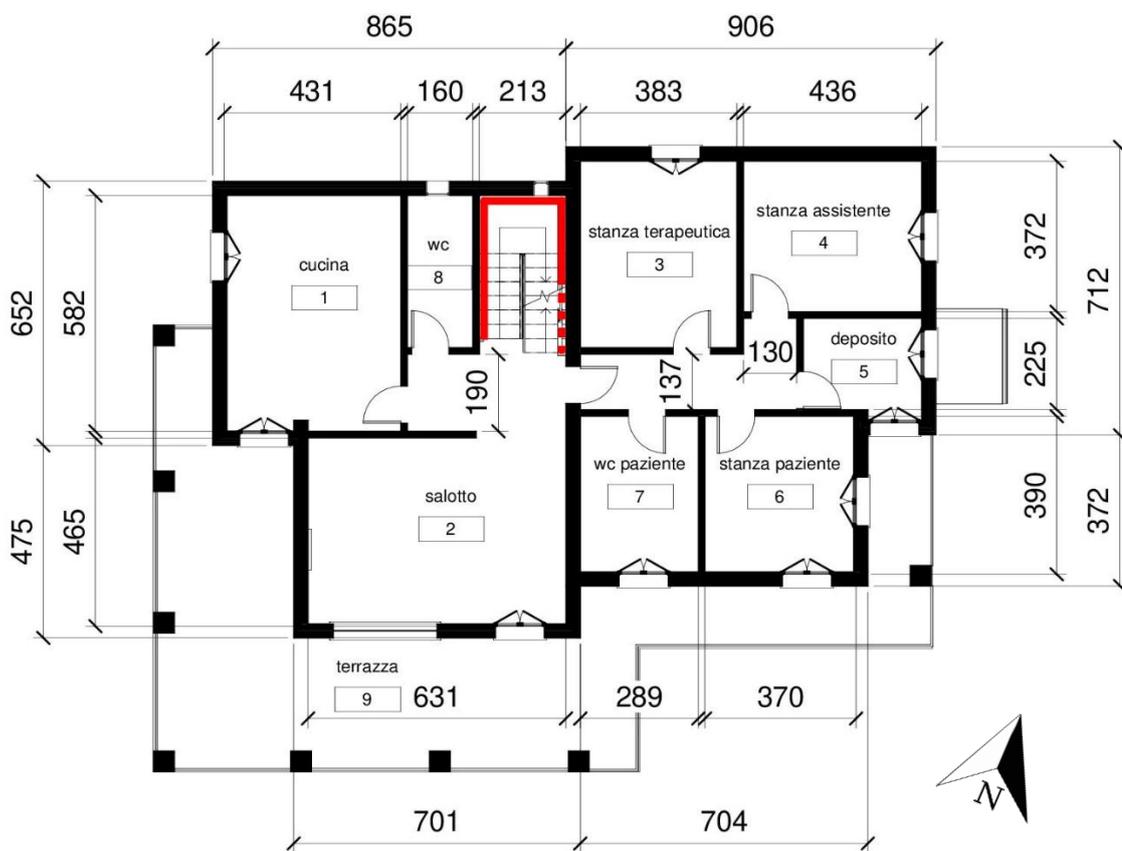
Partendo dalle osservazioni fatte durante l'analisi dello stato di fatto e tenendo in considerazione i requisiti e le necessità descritte nel capitolo 10.3.1 e 10.3.2, l'ipotesi progettuale di adeguamento alle conformità previste in ambito di ospedalizzazione domiciliare è partita dalla modifica delle accessibilità all'unità abitativa, sia internamente che esternamente. L'assenza di strutture per il collegamento verticale automatizzato, come ad esempio ascensori o elevatori, si presenta come principale barriera architettonica all'interno del lotto.



(Fig. 84 – Planimetria piano primo, ipotesi progettuale 1 con ascensore).

In una prima ipotesi è stata dunque prevista la realizzazione di un vano ascensore esterno, localizzato sul lato nord al fine di evitare ingenti stravolgimenti della struttura portante e dell'involucro edilizio. Questa soluzione consente all'utente la possibilità di uscire dall'unità abitativa per immersioni all'interno della natura mediante l'ausilio dell'assistente o di specifica équipe medica.

Inoltre, essendo stato collocato sul lato destinato ai parcheggi, facilita le manovre di trasporto d'urgenza e di ricovero ospedaliero. Tale ipotesi implica, però, la modifica di uno degli spazi interni, ovvero il locale denominato Wc, al posto del quale dovrà essere realizzato un corridoio d'ingresso, con accesso diretto nel disimpegno tra il locale salotto e la stanza dedicata alla cucina. La realizzazione di un vano ascensore comporta un notevole investimento di denaro da parte del paziente domiciliato ed è stata perciò scartata in quanto troppo onerosa.



(Fig. 85 – Planimetria piano primo, ipotesi progettuale 2, con inserimento di elevatore su rotaia lungo le pareti del vano scala).

La seconda ipotesi prevede invece l'inserimento lungo le scale di accesso di un sistema di trasporto su rotaia ancorato a muro che permette all'utente di salire e scendere le scale dal piano terra al primo piano, anche in condizioni di disabilità motoria. Tale soluzione risulta essere decisamente più economica rispetto alla precedente e non prevede modifiche sostanziali della struttura esistente.

La seconda modifica dal punto di vista dell'accessibilità ha interessato le porte di separazione tra i locali interni. Esse infatti, presentano una larghezza di apertura inferiore al metro, non consentendo il passaggio di strumentazioni (di notevole ingombro) per l'ausilio dell'utente, come ad esempio carrozzine o barelle per il trasporto d'urgenza o anche apparecchiature mediche specialistiche, come strumenti per la riabilitazione motoria, strumenti destinati all'igiene ed alla cura del paziente ed infine il letto da ricovero, dotato di sponde reclinabili e braccioli di supporto (anti-caduta) e le apparecchiature per monitoraggi neuro-muscolari.

Tali porte sono dunque state sostituite con serramenti opachi più larghi, dotati di un raggio di apertura di almeno un metro. A seguito di analisi mirate alla verifica del soddisfacimento dei requisiti aero-illuminanti previsti dalla normativa, è risultato necessario sostituire anche alcuni serramenti perimetrali, in quanto in tre locali non veniva raggiunto il rapporto di 1/8 tra superficie finestrata e area del pavimento. Tali finestre sono state sostituite con nuovi serramenti di dimensioni più elevate, mantenendo invariata la loro ubicazione.

Per quanto riguarda invece la progettazione degli spazi interni si è cercato di mantenere il più invariato possibile lo stato attuale dell'unità abitativa, riducendo al minimo l'impatto economico a carico dell'utente.

La suddivisione delle funzioni dei locali interni è stata organizzata fisicamente in due parti: l'ala Sud-Ovest sarà destinata ad ospitare funzioni di tipo condiviso, mentre l'ala Nord-Est sarà dedicata esclusivamente alle esigenze medico-sanitarie del paziente.



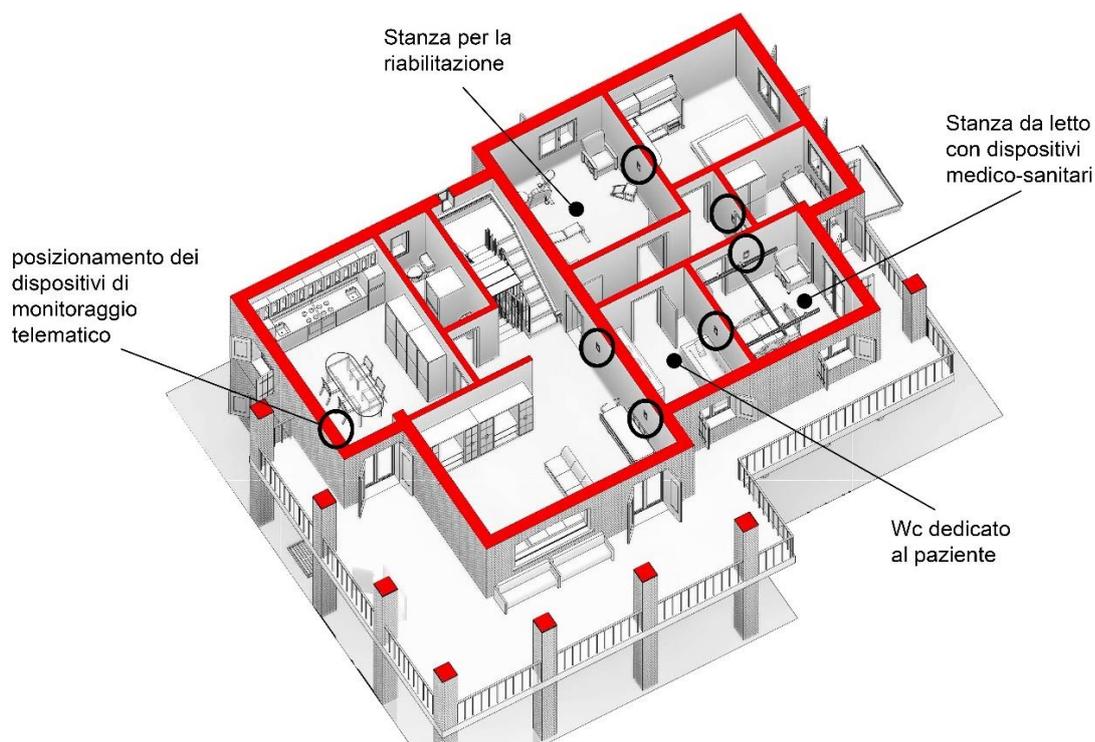
(Fig.86 – Configurazione degli spazi interni, con inserimento dei principali arredi e strumentazioni a fine medico-terapeutico).

Nello specifico il posizionamento dei locali destinati ai servizi igienici, alla ristorazione (cucina/sala da pranzo) ed all' oziò (salotto) è rimasto invariato nella loro configurazione planimetrica e funzionale, mentre l'ala nord dell'edificio è stata destinata interamente alle esigenze del paziente prevedendo spazi dedicati alle attività di riabilitazione e alle relative terapie.

La stanza da letto del paziente è stata ubicata nell'angolo sud-est, in quanto presentava le migliori condizioni di esposizione alla luce naturale. È stata inoltre prevista la trasformazione dell'attuale bagno padronale (wc 2), posizionato in contiguità alla stanza da letto del paziente, rendendolo ad uso esclusivo dello stesso per fini di igiene. Tale locale dovrà essere dotato di appositi sostegni lungo le pareti per facilitare la deambulazione del paziente nel modo più autonomo possibile, prevedendo l'inserimento di una vasca da bagno al posto della tradizionale doccia per agevolare le fasi di pulizia e medicazione da parte dell'equipe medica e del soggetto che assiste a tempo pieno il paziente.

Nell'angolo est dell'edificio è stata ubicata la stanza privata destinata all'assistente, che si occupa della tutela del paziente in cura a tempo pieno, che sia esso un membro familiare o una persona incaricata a tale fine. Questo locale è stato posizionato in prossimità della stanza dell'assistito, cercando di ridurre i tempi di risposta durante le fasi di emergenza e per favorire l'udibilità di eventuali richieste di soccorso da parte del paziente, soprattutto durante le ore notturne.

Infine, è stata prevista la creazione di uno spazio interamente dedicato alle attività di riabilitazione psico-fisica, all'interno del quale saranno posizionati tutti gli strumenti per la diagnostica delle condizioni fisiche del paziente, unite all'inserimento di appositi dispositivi ginnici come ad esempio la cyclette, il tapisroulant o il vogatore, i quali potranno essere usati anche per valutare le condizioni cliniche del soggetto anche sotto sforzo.



(Fig.87 – Configurazione degli spazi interni, con inserimento localizzato di sensori per il monitoraggio telematico delle condizioni del paziente).

### 12.3 Considerazioni progettuali

Conclusa la fase di adeguamento dell'unità abitativa dal punto di vista delle sue geometrie interne e delle sue prestazioni, in conformità alle normative vigenti, alle prestazioni ed ai requisiti indicati nei paragrafi precedenti (ambito edilizio e ambito medico), si è deciso di implementare il progetto tenendo conto dei suggerimenti introdotti dal Piano Sanitario 94-96, mediante l'inserimento e l'utilizzo di metodologie e strumentazioni all'avanguardia nell'ambito della domotica e dell'assistenza sanitaria.

Facendo riferimento in particolar modo a quanto indicato dal Piano Sanitario sopra citato, è auspicabile l'utilizzo di nuove tecnologie e l'applicazione di metodologie in fase di sperimentazione, favorendo l'inserimento di strumenti innovativi informatici e non digitali.

Queste pratiche sono mirate alla condivisione rapida dei dati inerenti alle condizioni di salute del paziente tra tutte le strutture sanitarie competenti in ambito assistenziale del territorio, cercando dunque di creare una rete di condivisione dei dati e delle informazioni più efficiente da tutti i punti di vista. Viene infine suggerito all'interno di tale documento, lo sviluppo e la sperimentazione di nuove strumentazioni in ambito medico e riabilitativo, che possano favorire l'attività di ricovero a domicilio, in modo tale da ridurre il numero delle degenze ospedaliere, diventato ormai insostenibile.

Per muoversi in tale direzione la mia ipotesi progettuale ha previsto l'inserimento all'interno dell'unità abitativa di impianti di tipo domotico assistenziale.

Nello specifico, grazie all'utilizzo degli strumenti e della metodologia SINBAD, è stato possibile garantire all'interno dell'appartamento funzionalità legate alla termoregolazione degli ambienti tramite l'utilizzo di sensori e termometri localizzati in ogni stanza, l'accensione e lo spegnimento dei dispositivi elettronici, o ad esempio la regolazione degli apparecchi illuminanti in base alle esigenze dell'attività svolta all'interno del locale, anche da remoto.

A tali servizi si aggiungono inoltre funzionalità inerenti alla sicurezza dell'individuo assistito, atte a monitorarne parametri e condizioni psico-fisiche mediante l'installazione di telecamere, sensori di movimento e strumenti di monitoraggio telematico in tempo reale, come la fascia indossabile Sense-wear, o l'utilizzo di braccialetti e barometri, atti a misurare la pressione del sangue ed il battito cardiaco.



(Fig.88 – Realtà virtuale – Villa Mirabello - Configurazione degli spazi interni, con inserimento localizzato di sensori per il monitoraggio telematico delle condizioni del paziente e dei dispositivi medico-sanitari necessari per le operazioni di ricovero).

Tutte queste strumentazioni devono essere direttamente collegate alla rete di informazioni ospedaliere, che è così in grado di tenere sotto osservazione il paziente a distanza. Questa metodologia consente agli operatori sanitari di avvisare i soccorsi immediatamente e in modo diretto, riducendo così al minimo i tempi di risposta in caso di urgenze o necessità cliniche.

Questa soluzione può risultare fondamentale soprattutto nei casi di infarto, nei quali il soccorso sanitario deve avvenire entro i primi sette minuti per evitare danni permanenti al soggetto o l'eventuale decesso. Uno degli altri vantaggi fondamentali dell'applicazione di tale metodologia, riguarda la possibilità di utilizzare strumenti per la diagnostica in tempo reale dei pazienti da remoto.

È inoltre possibile utilizzare tali strumenti per la registrazione delle abitudini quotidiane del soggetto ricoverato, tramite il monitoraggio degli spostamenti all'interno dell'abitazione o registrando gli orari di accensione dei dispositivi elettronici, come ad esempio gli apparecchi illuminanti, durante la giornata.

Queste strumentazioni possono dimostrarsi incredibilmente efficaci nel caso di ricovero di persone soggette a patologie come l'Alzheimer, degenerative croniche come la distrofia muscolare e altre malattie legate alla perdita delle capacità motorie e mnemoniche.

Grazie a questa tecnologia, la persona che si occupa dell'assistenza del paziente a tempo pieno, ma anche le varie equipe mediche, potranno conoscere le abitudini del paziente e aiutarlo a ricrearle, anche quando questi non sarà più in grado di compierle in modo autonomo.

Va però sottolineato che l'applicazione di tali strumentazioni è tutt'ora molto complesso ed è poco sviluppato, soprattutto all'interno del territorio italiano. Queste problematiche sono legate soprattutto all'impatto economico a carico dell'utente stesso, che deriva sia dal costo delle trasformazioni edilizie per l'adeguamento dell'unità abitativa sia dal costo dell'impianto stesso e della sua posa. A ciò si aggiunge inoltre il forte senso di ostilità che le persone anziane hanno dimostrato nei confronti delle nuove tecnologie digitali che spesso spinge verso una direzione contraria impedendo l'applicazione di tali strumentazioni.

## 13. CONCLUSIONI

Giunti alla conclusione della prima parte della tesi, incentrata soprattutto sulla parte operativo-pratica legata alle fasi di rilievo e elaborazione del modello 3D digitale, ho potuto riscontrare notevoli vantaggi derivanti dall'impiego della metodologia B.I.M.

I software di questa famiglia, come ad esempio Revit hanno dimostrato formidabili doti di interoperabilità con programmi legati a tutti i settori presi in esame, permettendo di giungere ad una soluzione finale di qualità, anche intraprendendo scelte e percorsi tra loro molto distanti. Grazie ad una accurata fase di raccolta dei dati (fase preliminare) ed al loro inserimento all'interno del modello di progetto, è stato possibile ridurre le tempistiche inerenti a quasi tutte le fasi di questo percorso ed ha permesso, inoltre, di migliorare l'organizzazione dell'intero processo, dal rilievo topografico alla resa grafica finale dei due casi studio presi in esame.

Per quanto riguarda la fase di rilievo, i sistemi non convenzionali per la produzione cartografica a grande scala permettono di ottenere risultati metricamente corretti, estremamente utili per analisi di beni storici di grandi entità, ma anche per realtà di ridotte dimensioni. Grazie al continuo sviluppo tecnologico e alla progressiva miniaturizzazione dei dispositivi digitali dei nostri giorni è possibile creare dispositivi sempre più flessibili e leggeri, come ad esempio i droni per riprese fotogrammetriche aeree. La completa automazione di questi strumenti, la relativa facilità operativa richiesta e i numerosi vantaggi economici che derivano dall'impiego di tale metodologia, consente di prefigurare tale tecnica come efficiente soluzione sia per l'aggiornamento continuativo dei piani catastali, sia per il monitoraggio dello stato di conservazione di un bene architettonico.

Per quanto riguarda la fase di progettazione, modellazione e utilizzo dei differenti software ho potuto constatare elementi vantaggiosi e svantaggiosi, legati alla tecnologia B.I.M., che ho cercato di riportare qui di seguito:

**VANTAGGI:**

- Metodo di lavoro ben organizzato;
- Possibilità di gestire contemporaneamente le informazioni legate all'intero processo;
- Correlazione vista 2D-3D: rende la modellazione più veloce in quanto, ad esempio, con la creazione di un muro questo viene realizzato in automatico sia in pianta che in elevato;
- Generazione modelli analitici: utili per tutte le fasi di verifiche energetiche o strutturali;
- Facile creazione di database: per il conteggio di metrature, locali, materiali;
- Compatibilità diretta e/o indiretta tra software: tramite la lettura da parte di software diversi da quello originario del modello di formati compatibili direttamente o tramite l'esportazione in formati diversi;
- Gestione di progetti complessi: tramite la creazione di un modello di coordinamento, progetti molto complessi possono essere facilmente gestiti;
- Riduzione delle tempistiche legate all'intero processo;
- Possibilità di reperire famiglie di componenti online: tramite siti web in cui i professionisti possono caricarle e scaricarle;
- Possibilità di creare render in cloud: la versione aggiornata di Revit permette di continuare la modellazione mentre il render avviene tramite piattaforma online;
- Velocità e semplicità di modifica dei parametri: tramite il collegamento dei diversi oggetti ai livelli, qualora si modifichi il parametro del livello si modifica automaticamente anche l'oggetto ad esso collegato;
- Alta funzionalità dell'oggetto parametrico: modificando una famiglia, tutti gli oggetti appartenenti a quest'ultima vengono modificati nell'intero modello.

## SVANTAGGI:

- Perdita di dati tra alcuni programmi: dovuto all' esportazione in formati diversi (.dwg) che non tengono conto dei valori dell'oggetto parametrico;
- Restrizioni per versione studenti: limitazione delle azioni dei software dovuti ad una licenza limitata;
- Errori di sincronizzazione: tra modello centrale e locali;
- Necessità di specifiche competenze: in quanto, durante l'attività didattica abbiamo dovuto imparare diversi programmi con diverse caratteristiche e difficoltà;
- Difficile creazione di famiglie: è possibile creare anche oggetti complessi ma bisogna conoscere in maniera approfondita le specifiche tecniche del programma.

In conclusione, si può affermare che la tecnologia B.I.M. è fortemente vantaggiosa, ma che necessita, come qualsiasi altra tecnologia digitale, di un continuo sviluppo e miglioramento derivante da esigenze sempre più complesse e legate ad un numero di ambiti in continua espansione. Posso dunque ritenermi soddisfatto dell'utilizzo di questa tecnologia, anche se ho riscontrato alcune difficoltà legate alla complessità di alcune procedure ed alla conoscenza non totale delle possibilità del software.

Per quanto riguarda invece la seconda parte di questa tesi, sono molte le considerazioni legate allo studio ed all'analisi di queste nuove soluzioni sul tema dell'ospedalizzazione domiciliare. Tale metodologia nasce dalla necessità di trovare soluzioni alternative alla degenza ospedaliera, che è ormai diventata insostenibile sia dal punto di vista economico, che dal punto di vista della qualità. A mio parere, però, la strada per il raggiungimento di un'applicazione stabile ed efficiente è ancora molto lunga, a causa di molteplici problematiche.

Come è stato possibile riscontrare alla fine delle ipotesi progettuali, le residenze private devono spesso essere soggette ad una fase di adeguamento e di trasformazione edilizia, prefigurando ed adattando gli spazi in base alle esigenze che derivano da un ricovero di tale genere. Queste trasformazioni sono a carico dello stesso paziente e quindi, se questi non avesse la possibilità di attuarle, l'applicazione di tale soluzione diventerebbe molto difficile, se non del tutto impossibile.

Anche grazie ad esperienze personali legate all'assistenza di una persona anziana (non autosufficiente) all'interno delle mura domestiche, ho potuto riscontrare notevoli problematiche legate alla composizione interna dell'unità abitativa, che spesso hanno reso difficili le manovre di assistenza medica e di medicazione.

Inoltre, al fine di garantire un'efficiente prestazione di ricovero, l'unità abitativa necessita di avere in dotazione strumentazioni medico-riabilitative e deve essere in grado di ospitarle (queste dotazioni possono essere anche di notevole ingombro). Nello specifico possiamo citare strumenti per il lavaggio della persona non autosufficiente, come ad esempio vasche da bagno, la sedia a rotelle o la barella per il trasporto all'interno e all'esterno dell'edificio dei pazienti con disabilità motoria e altri strumenti essenziali, come ad esempio, l'elevatore o il letto da ricovero ospedaliero.

Si può facilmente capire dunque che a tal fine deve anche essere eliminata la presenza di qualsiasi barriera architettonica che possa limitare la deambulazione autonoma e assistita sia internamente, che verso l'esterno dell'abitazione.

Ciò serve anche a garantire un miglioramento della fase di recupero, evitando di costringere il soggetto a rimanere all'interno delle mura domestiche e per garantire rapidità ed efficienza in caso di trasporti d'urgenza in ospedale.

Per il corretto funzionamento della pratica del ricovero domiciliare è inoltre necessaria la creazione di una rete di "condivisione dei dati" tramite codificazione informatica che renda possibile la condivisione dei dati stessi inerenti alle condizioni ed i parametri dei pazienti (che saranno localizzati su tutto il territorio, invece che in singole strutture) con tutte le aziende interessate da tale ambito.

Inoltre, deve essere prevista l'integrazione tramite diagnostiche specialistiche all'interno di strutture sanitarie pubbliche e dovranno essere programmate le visite quotidiane da parte dell'equipe medico-assistenziale in modo tale da garantire una buona applicazione dell'ospedalizzazione a domicilio a tutti i soggetti a cui essa è destinata, tenendo conto delle relative esigenze dei pazienti e garantendo l'assenza di squilibri prestazionali.

Un'altra caratteristica fondamentale che viene descritta all'interno delle normative regionali, facendo riferimento specifico alla Regione Piemonte, è che tale servizio è applicabile solamente ai pazienti che risiedono entro i 30 minuti di distanza dall'ospedale, ed inoltre l'abitazione dell'assistito dovrà essere ritenuta idonea a tal scopo. Queste condizioni riducono notevolmente l'applicabilità di tale pratica e potrebbero spingere, sul lungo periodo all'aumento delle migrazioni, dai territori periferici verso la città.

Per quanto riguarda invece l'inserimento di strumentazioni altamente tecnologiche ed innovative, come ad esempio impianti domotici assistenziali, ho riscontrato un'enorme problematica legata soprattutto all'impatto economico che esso implica sulle tasche del paziente, inoltre tale metodologia è ancora poco sviluppata all'interno del territorio nazionale, risultando dunque di difficile applicabilità.

Inoltre, il sentimento di forte repulsione dimostrato dalle persone anziane nei confronti dei nuovi dispositivi tecnologici in generale, e soprattutto verso l'ambito digitale informatico, si pone come uno dei principali ostacoli alla realizzazione di una rete di condivisione di dati efficace, causando sicuramente squilibri prestazionali e rallentamenti sull'intero sistema di assistenza.

Qui di seguito, infine, ho raccolto ed evidenziato i principali vantaggi e svantaggi che l'applicazione su scala regionale di tale soluzione comporta, riferiti sia al paziente che alla sanità pubblica:

#### VANTAGGI:

- Miglioramento qualità delle cure;
- Aumento della sicurezza;
- Assistenza continuativa;
- Riduzione degli spostamenti;
- Possibilità di essere assistito da familiari;
- Miglioramento della fase riabilitativa;
- Ottenimento gratuito di strumentazioni mediche;
- Riduzione costi dei ricoveri;
- Riduzione numero dei ricoveri ospedalieri;
- Efficientamento della condivisione dati;
- Creazione nuovi posti di lavoro;
- Monitoraggio in tempo reale delle condizioni dei pazienti;
- Miglioramento della fase riabilitativa del paziente.

#### SVANTAGGI:

- Aumento dei costi;
- Adeguamento dell'unità abitativa;
- Localizzazione del domicilio;
- Costi inerenti alla remunerazione dell'assistente incaricato;
- Possibilità di squilibri prestazionali;
- Aumento degli spostamenti delle equipe mediche;
- Aumento delle tempistiche complessive relative ai ricoveri;
- Possibilità di squilibri prestazionali.

Va sottolineato, inoltre, che in alcuni casi la scelta progettuale di suddividere gli ambienti interni dell'appartamento (in base spazi comuni e spazi dedicati alla cura del paziente) per fini di igiene, può presentare sviluppi negativi sul comportamento del paziente. Esso infatti, potrebbe essere disincentivato a compiere attività fisica e potrebbe sentirsi isolato dalla vita quotidiana del nucleo familiare. In tali casi, si suggerisce di non creare un'area unicamente destinata al paziente, ma di intraprendere soluzioni alternative che integrino le attività medico-assistenziali con le attività sociali del nucleo familiare, ad esempio localizzando il letto ospedaliero nel salotto (solo se opportunamente attrezzato ed in assenza di rischi per la salute del paziente).

## 14. BIBLIOGRAFIA

- Bartolucci D., “Principi di laser scanning 3D”, Dario Flaccovio editore, Palermo, 2009.
- Bono L., Di Leo S., Beccaro M., Catania G., Costantini M., “Le core-competencies dell’operatore socio-sanitario in cure palliative”, Franco Angeli editore, Torino, 2013.
- Chiabrando F., Grasso N., Lingua A., Noardo F., Spanò A., “UAV photogrammetry with oblique images: first analysis on data acquisition and processing”, 2016.
- Chiabrando F., Sammartano G., Spanò A., “Historical buildings models and their handling via 3D survey: from points clouds to user-oriented HBIM”, 2016.
- Cumo F., Sferra A., Pennacchia E., Spiridigliozzi G., Piras M., Mancini F., Barbanera F., Tiberi M., Sforzini V., De Lieto Vollaro B., “La metodologia B.I.M. come strumento per una efficiente progettazione e gestione degli impianti degli edifici”, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Enea, 2016.
- De Luca L., “La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie”, Dario Flaccovio editore, Palermo, 2001.
- Docci M., Maestri D., “Manuale di Rilevamento architettonico e urbano”, Laterza editore, Roma, 1998.
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., “BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors”, Wiley editore, Hoboken, 2011.

- Garagnani S., “I Livelli di Sviluppo (LOD) nel progetto digitalizzato: La misura dell’informazione all’interno del percorso BIM”, 2016.
- Lo Turco M., “Rappresentare e gestire patrimoni immobiliari: il BIM per il facility management”, 2015.
- Matrone F., “Rilevamento metrico 3D e modellazione HBIM per la manutenzione programmata del patrimonio architettonico. Il caso studio del Sacro Monte di Varallo”, Tesi di Specializzazione, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, 2016/2017.
- Osello A., “Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti”, Dario Flaccovio editore, Torino, 2012.
- Pozzoli S., Bonazza M., “Autodesk Revit Architecture 2016 - Guida alla progettazione BIM”, Tecniche nuove editore, Milano, 2015.
- Russo M., Remondino F., Guidi G., “Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico”, 2011.
- Sgrosso A., “La rappresentazione geometrica dell’architettura”, UTET editore, Torino, 1996.
- Silenziosi Operai della Croce, “La Beata Vergine Potente del Trompone”, Istituto Salesiano Pio XI editore, Roma, 2007.
- Stano R., “Acquisizione multisensoriale del chiostro di San Nicola a Tolentino per il modello parametrico”, Tesi di laurea Magistrale in Ingegneria Edile, Politecnico di Torino, 2016/2017.
- Westoby M. J., Brasington J., Glasser N. F., Hambrey M., Reynolds J., “Structure from-Motion’ photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications”, 2012.

## 15. SITOGRAFIA

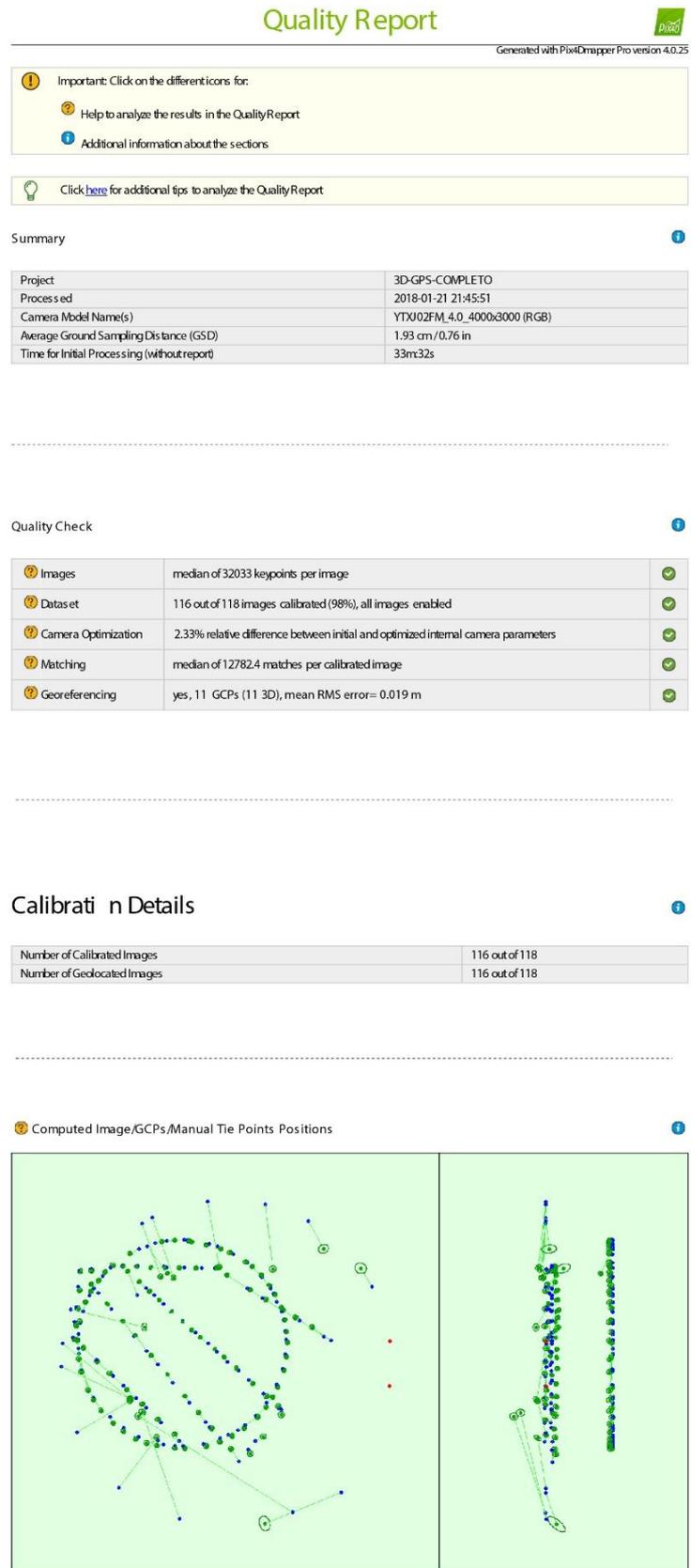
- [http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-intelligenti/rds\\_par2015-149.pdf](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-intelligenti/rds_par2015-149.pdf), consultato in data 12/06/2018.
- [http://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaArticoloDefault/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2007-04-06&atto.codiceRedazionale=007G0057&atto.tipoProvvedimento=DECRETO](http://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaArticoloDefault/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2007-04-06&atto.codiceRedazionale=007G0057&atto.tipoProvvedimento=DECRETO), consultato in data 16/06/2018.
- <http://www.lagazzetta.info/moncrivello-festa-al-santuario-del-trompone/>, consultato in data 08/01/2019.
- [http://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_pubblicazioni\\_380\\_allegato.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_380_allegato.pdf), consultato in data 12/06/2018.
- <http://www.trompone.it/casa-di-cura/>, consultato in data 08/01/2019.
- <http://www.trompone.it/il-santuario-della-beata-vergine-del-trompone/>, consultato in data 08/01/2019.
- <https://blog.dronedeploy.com/accuracy-in-drone-mapping-what-you-need-to-know-10322d8512bb>, consultato in data 16/06/2018.
- <https://blog.dronedeploy.com/case-study-830cfc23db55>, consultato in data 16/06/2018.
- <https://webthesis.biblio.polito.it/6533/1/tesi.pdf>, consultato in data 21/12/2018.
- <https://www.dronepilotgroundschool.com/drone-mapping-software/>, consultato in data 16/06/2018.

- <https://www.tesionline.it/news/la-tesi-del-giorno.jsp?id=1764>, consultato in data 21/12/2018.
- <https://www.treccani.it/enciclopedia/domotica/>, consultato in data 21/12/2018.

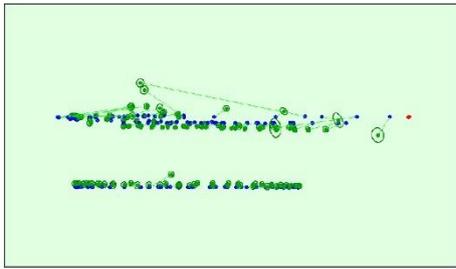
## 17. TUTORIAL

- User Manual, 3DReshaper 2018
- User Manual, Agisoft PhotoScan 1.2
- User Manual, Lumion 8.0 pro
- User Manual, Pix4D MAPPER 3.2

## 18. ALLEGATI



(Allegato 1: Report di analisi p.1 della nuvola di punti Villa Mirabello, Pix4D).



Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

2 Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.009	0.009	0.010	0.015	0.012	0.013
Sigma	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.004

Bundle Block Adjustment Details

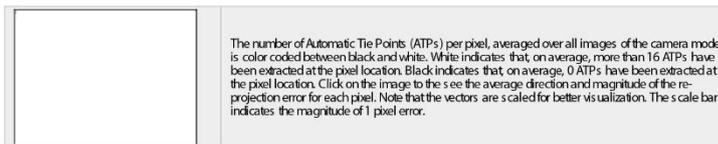
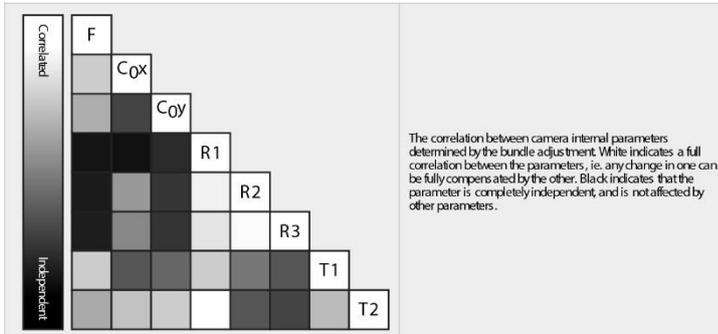
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1481280
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	471689
Mean Reprojection Error [pixels]	0.070

2 Internal Camera Parameters

YTXJ02FM\_4.0\_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 25.400 [mm] x 19.050 [mm]

EXIF ID: YTXJ02FM\_4.0\_4000x3000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	629.921 [pixel] 4.000 [mm]	2000.000 [pixel] 12.700 [mm]	1500.000 [pixel] 9.525 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Optimized Values	2383.228 [pixel] 15.133 [mm]	2011.046 [pixel] 12.770 [mm]	1512.576 [pixel] 9.605 [mm]	0.121	-0.217	0.088	-0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.139 [pixel] 0.001 [mm]	0.085 [pixel] 0.001 [mm]	0.125 [pixel] 0.001 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	32033	12782
Mn	21455	164
Max	40630	22083
Mean	31837	12770

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	286336
In 3 Images	81288
In 4 Images	37674

(Allegato 1: Report di analisi p.2 della nuvola di punti Villa Mirabello, Pix4D).

In 5 Images	21292
In 6 Images	12893
In 7 Images	8816
In 8 Images	5775
In 9 Images	4203
In 10 Images	3071
In 11 Images	2271
In 12 Images	1760
In 13 Images	1304
In 14 Images	917
In 15 Images	739
In 16 Images	628
In 17 Images	480
In 18 Images	406
In 19 Images	367
In 20 Images	292
In 21 Images	218
In 22 Images	184
In 23 Images	191
In 24 Images	137
In 25 Images	132
In 26 Images	100
In 27 Images	65
In 28 Images	38
In 29 Images	34
In 30 Images	28
In 31 Images	21
In 32 Images	10
In 33 Images	9
In 34 Images	2
In 35 Images	3
In 36 Images	2
In 37 Images	3

2D Keypoint Matches

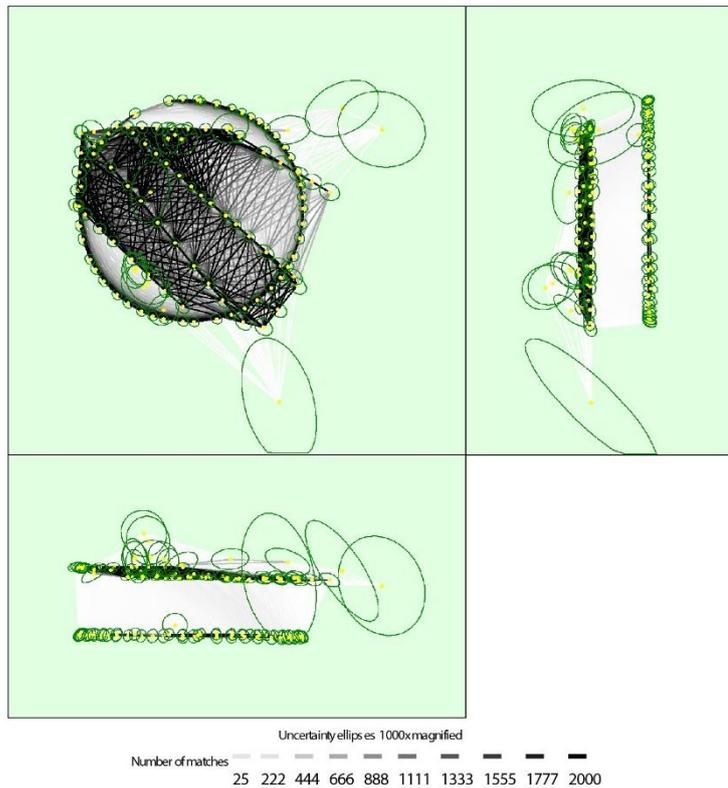


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.003	0.003	0.003	0.005	0.004	0.003
Sigma	0.002	0.002	0.003	0.004	0.002	0.003

(Allegato 1: Report di analisi p.3 della nuvola di punti Villa Mirabello, Pix4D).

## Geolocation Details

### Absolute Geolocation Variance

Check Point Name	Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
GCP1	-0.0012	-0.0031	0.0167	-0.0023	0.0077
GCP2	-0.0034	-0.0201	-0.0013	0.0071	0.0089
GCP3	-0.0105	-0.0011	-0.0089	0.0104	-0.0114
GCP4	-0.0018	-0.0022	0.0202	0.0097	-0.0028
GCP5	-0.0073	0.0087	0.0094	0.0103	0.0201
GCP6	0.0011	0.0102	0.0132	0.0194	0.0027
GCP7	0.0042	0.0068	0.0085	0.0019	0.0038
GCP8	0.0063	0.0134	0.0157	0.0112	0.0123
GCP9	0.0012	0.0175	0.0101	0.0038	0.0172
GCP10	0.0109	0.0015	0.0012	0.0086	0.0094
GCP11	0.0194	0.0093	0.0185	0.0025	0.0167
Mean [m]			0.001124	0.007953	0.001027
Sigma [m]			0.019174	0.008652	0.019065
RMS Error [m]			0.023452	0.017966	0.022198

Mn Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

## Initial Processing Details

### System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-4790 CPU @ 3.60GHz RAM: 16GB GPU: AMD Radeon R9 200 Series (Driver: 22.19.157.3), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown)
Operating System	Windows 7 Ultimate, 64-bit

### Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS84 (egm96)
Output Coordinate System	WGS84 / UTMzone 32N (egm96)

### Processing Options

Detected Template	Modelli 3D
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Free Flight or Terrestrial
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

## Point Cloud Densification details

### Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1, group2
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	16m16s
Time for 3D Textured Mesh Generation	06m18s

(Allegato 1: Report di analisi p.4 della nuvola di punti Villa Mirabello, Pix4D).

SENSORE FOTOGRAFICO		
LARGHEZZA	ALTEZZA	RISOLUZIONE
millimetri	millimetri	mega pixel
13,2	8,8	24

L'IMMAGINE		
LARGHEZZA	ALTEZZA	DIM PIXEL
pixel	pixel	mm/pixel
4000	3000	0,0024

L'OTTICA	
LUNGHEZZA FOCALE	8,9
millimetri	

L'ALTEZZA DI VOLO	
ALTEZZA	40
metri	

IL G.S.D.	
GROUND SAMPLING DISTANCE	10,8
mm/pixel	

DIMENSIONI REALI DELL'IMMAGINE		
LARGHEZZA	ALTEZZA	SUPERFICIE
metri	metri	metri quadrati
59,33	39,55	2346,37

STRISCIAE PARALLELE		
AVANZAMENTO AD OGNI SCATTO		
DIREZIONE LUNGHEZZA	DIREZIONE ALTEZZA	Percentuale di sovrapposizione
metri	metri	0,8
11,87	7,91	

Velocità del sistema	Velocità del sistema	Frequenza di scatto
metri/sec km/h	metri/sec km/h	secondi
23,73	15,82	0,5
85,43	56,95	

Frequenza di scatto	Frequenza di scatto	Velocità del sistema
secondi	secondi	metri/sec km/h
3,96	2,64	3
		10,80

STRISCIAE PERPENDICOLARI		
AVANZAMENTO AD OGNI SCATTO		
DIREZIONE LUNGHEZZA	DIREZIONE ALTEZZA	Percentuale di sovrapposizione
metri	metri	0,8
11,87	7,91	

Velocità del sistema	Velocità del sistema	Frequenza di scatto
metri/sec km/h	metri/sec km/h	secondi
23,73	15,82	0,5
85,43	56,95	

Frequenza di scatto	Frequenza di scatto	Velocità del sistema
secondi	secondi	metri/sec km/h
3,96	2,64	3
		10,80

(Allegato 2: Calcolo GSD e Sd ideale di progetto p.1 - Villa Mirabello, Excel).

SENSORE FOTOGRAFICO		
LARGHEZZA	ALTEZZA	RISOLUZIONE
millimetri	millimetri	mega pixel
13,2	8,8	24

L'IMMAGINE		
LARGHEZZA	ALTEZZA	DIM PIXEL
pixel	pixel	mm/pixel
4000	3000	0,0024

L'OTTICA	
LUNGHEZZA FOCALE	8,9
millimetri	

L'ALTEZZA DI VOLO	
ALTEZZA	15
metri	

IL G.S.D.	
GROUND SAMPLING DISTANCE	4,0
mm/pixel	

DIMENSIONI REALI DELL'IMMAGINE		
LARGHEZZA	ALTEZZA	SUPERFICIE
metri	metri	metri quadrati
22,25	14,83	329,96

STRISCIAE PARALLELE		
AVANZAMENTO AD OGNI SCATTO		
DIREZIONE LUNGHEZZA	DIREZIONE ALTEZZA	Percentuale di sovrapposizione
metri	metri	0,8
4,45	2,97	

Velocità del sistema	Velocità del sistema	Frequenza di scatto
metri/sec km/h	metri/sec km/h	secondi
8,90	5,93	0,5
32,04	21,36	

Frequenza di scatto	Frequenza di scatto	Velocità del sistema
secondi	secondi	metri/sec km/h
1,48	0,99	3
		10,80

STRISCIAE PERPENDICOLARI		
AVANZAMENTO AD OGNI SCATTO		
DIREZIONE LUNGHEZZA	DIREZIONE ALTEZZA	Percentuale di sovrapposizione
metri	metri	0,8
4,45	2,97	

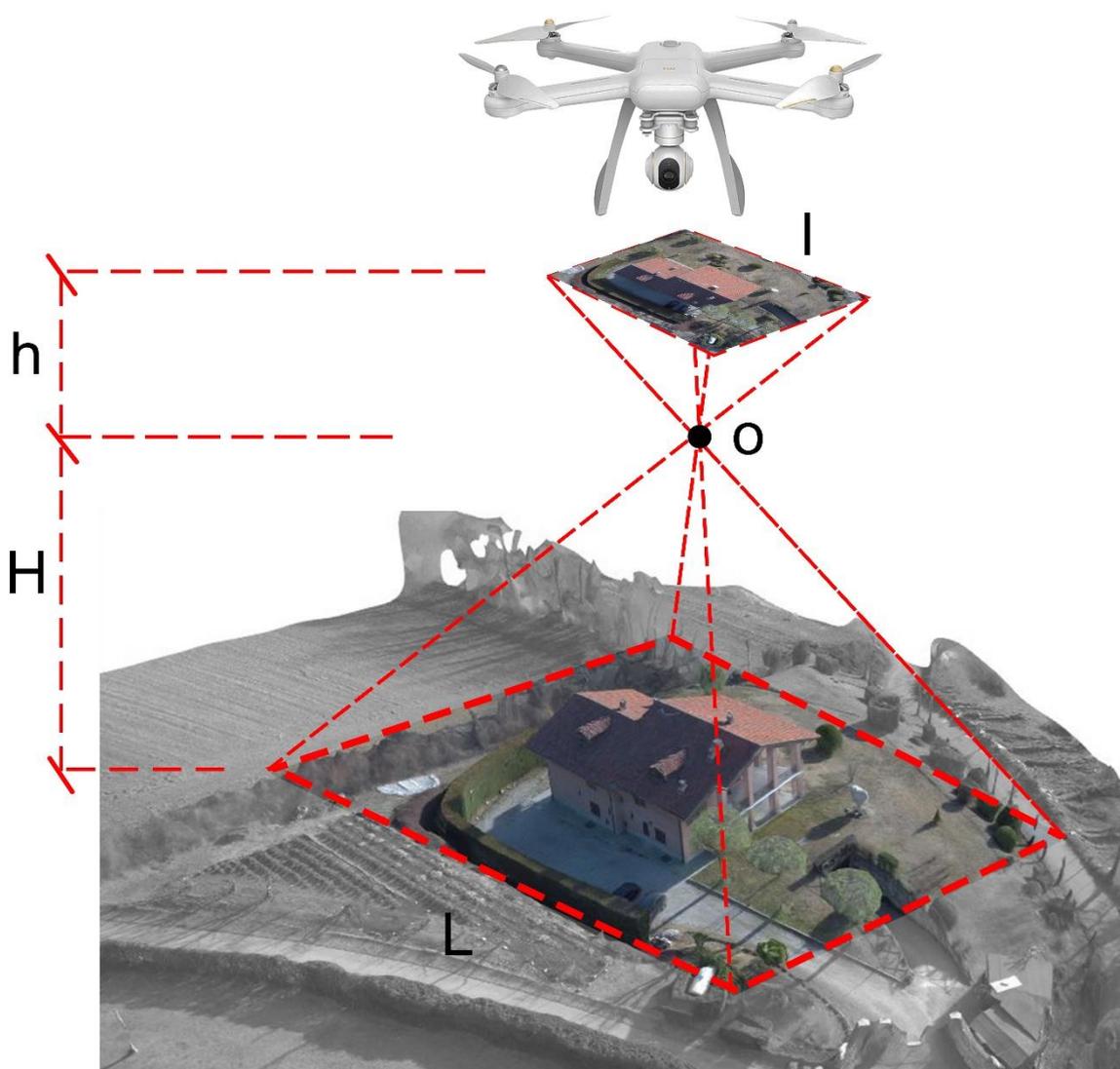
Velocità del sistema	Velocità del sistema	Frequenza di scatto
metri/sec km/h	metri/sec km/h	secondi
8,90	5,93	0,5
32,04	21,36	

Frequenza di scatto	Frequenza di scatto	Velocità del sistema
secondi	secondi	metri/sec km/h
1,48	0,99	3
		10,80

(Allegato 2: Calcolo GSD e Sd ideale di progetto p.2 - Villa Mirabello, Excel).

GSD MEDIO [mm/px]	
GDS 40m	10,8
GSD 25m	4
VALORE	7,4

Scala del rilievo	1:200
Sd ideale	2828
Sd di progetto	3083



(Allegato 2: Calcolo GSD e Sd ideale di progetto p.3 - Villa Mirabello, Excel).



(Allegato 3: Orto-foto Caso studio Santuario del Trompone, Pix4D).



(Vista assonometrica del cortile interno del RSA, con decorazioni neoclassiche in facciata).



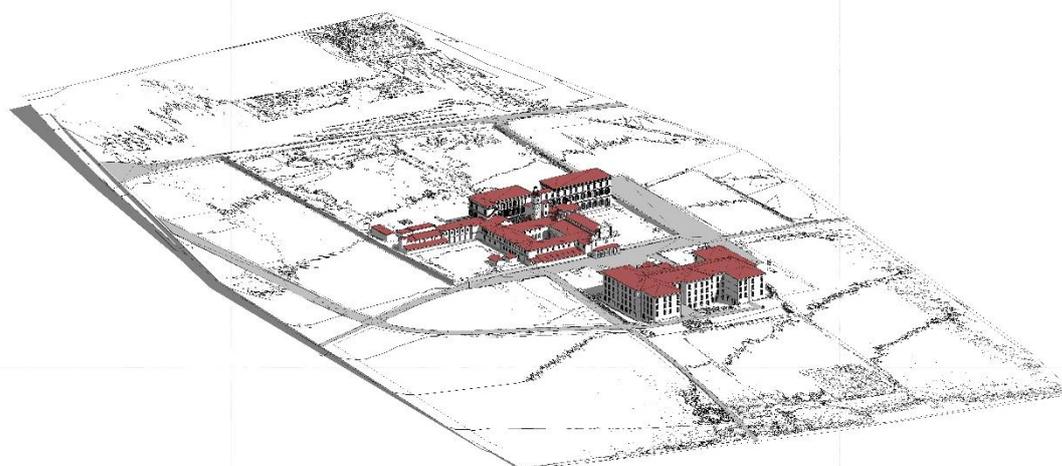
(Allegato 3: Compendio grafico caso studio Santuario del Trompone p.1, Revit).



(Prospetto – Sezione trasversale Est-Ovest dell’RSA (ala Nord del complesso).



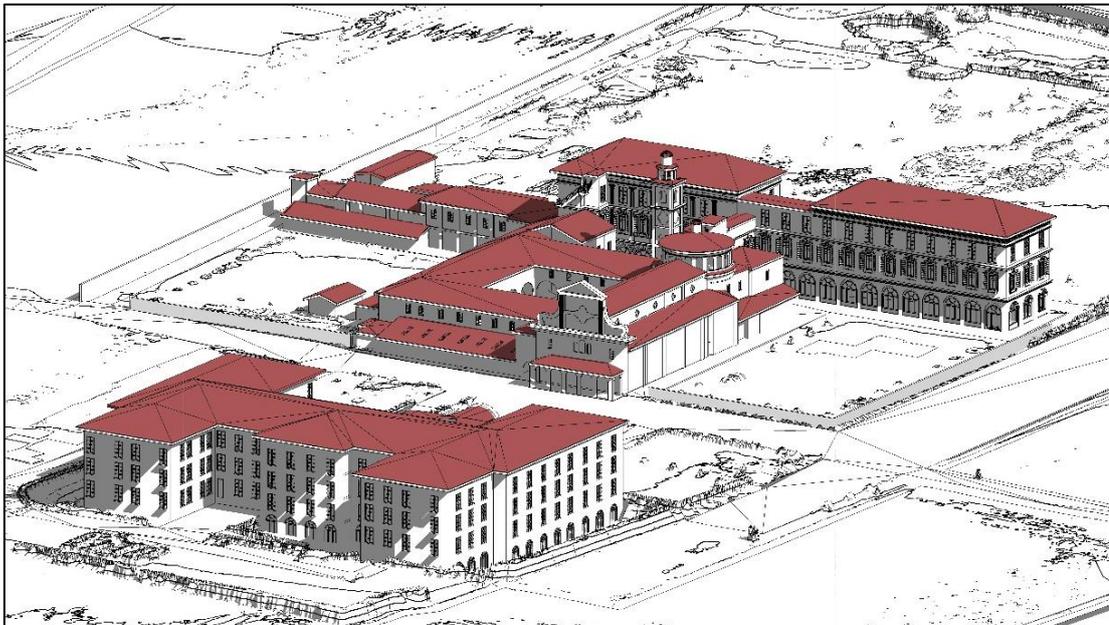
(Prospetto Sud del Santuario (sopra), Assonometria generale del lotto (sotto).



(Allegato 3: Compendio grafico caso studio Santuario del Trompone p.2, Revit).



(Assonometrie del Santuario angolo Sud-Est, con e senza nuvola di punti).



(Allegato 3: Compendio grafico caso studio Santuario del Trompone p.3, Revit).



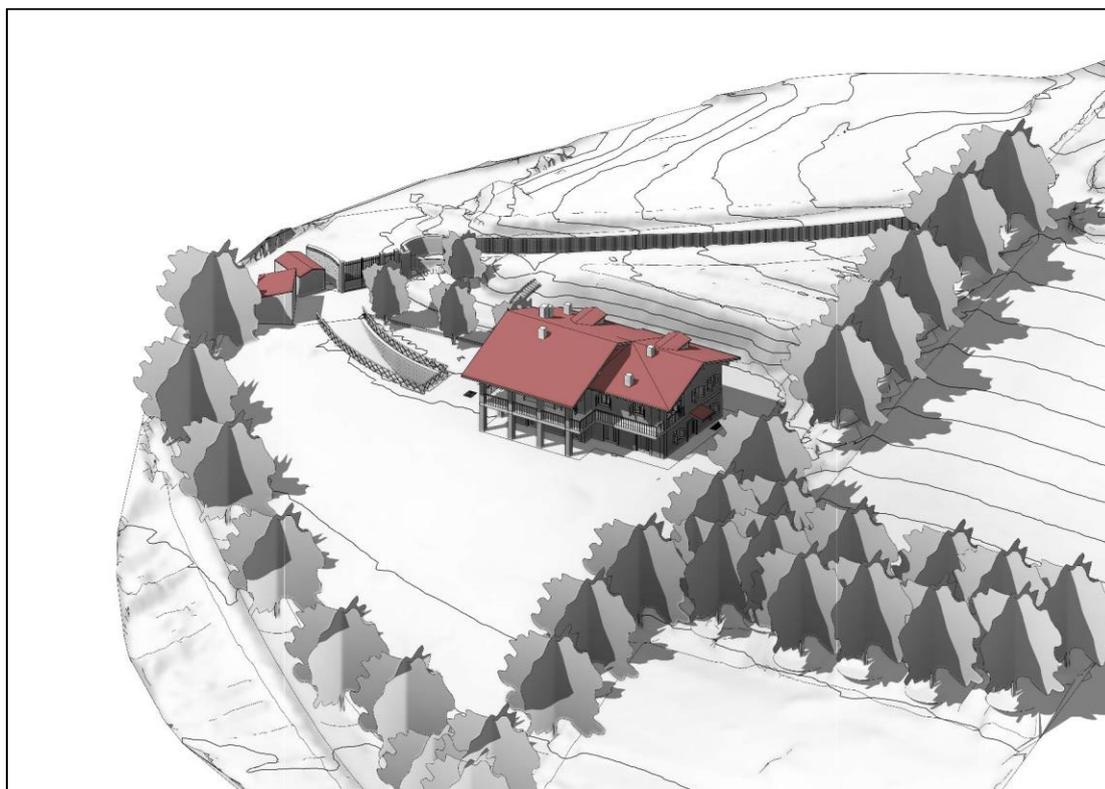
(Resa grafica delle facciate del RSA (ala Nord), rilevate con tecnica LiDAR).



(Allegato 3: Compendio grafico caso studio Santuario del Trompone p.4, Lumion 8).



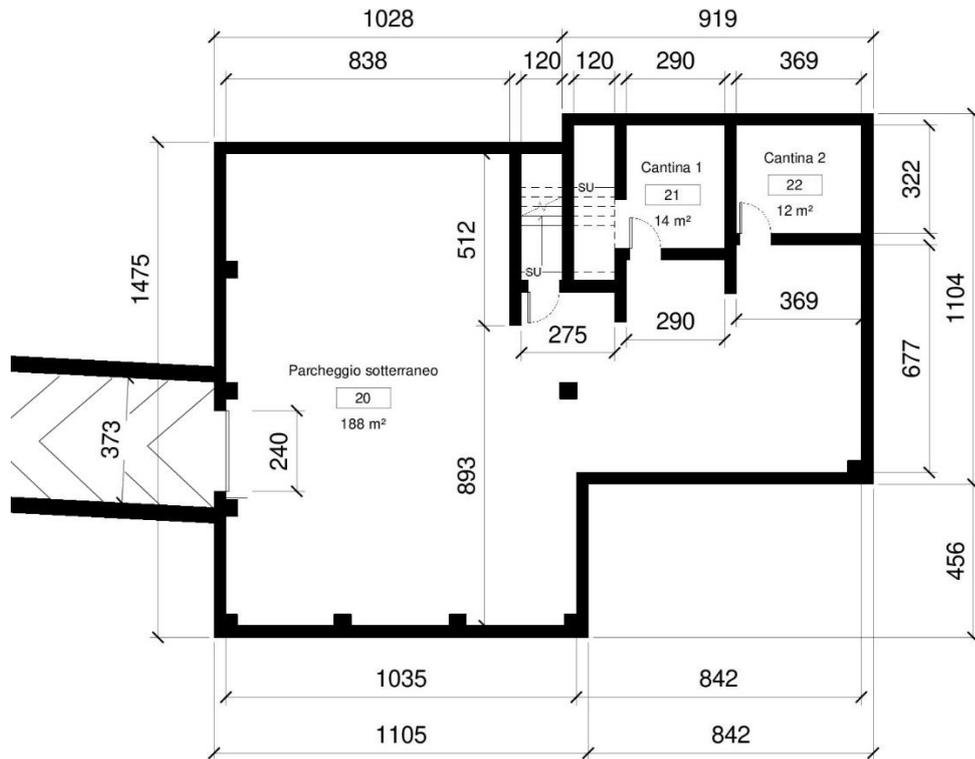
(Allegato 4: Orto-foto Caso studio Villa Mirabello, elaborata tramite Pix4D).



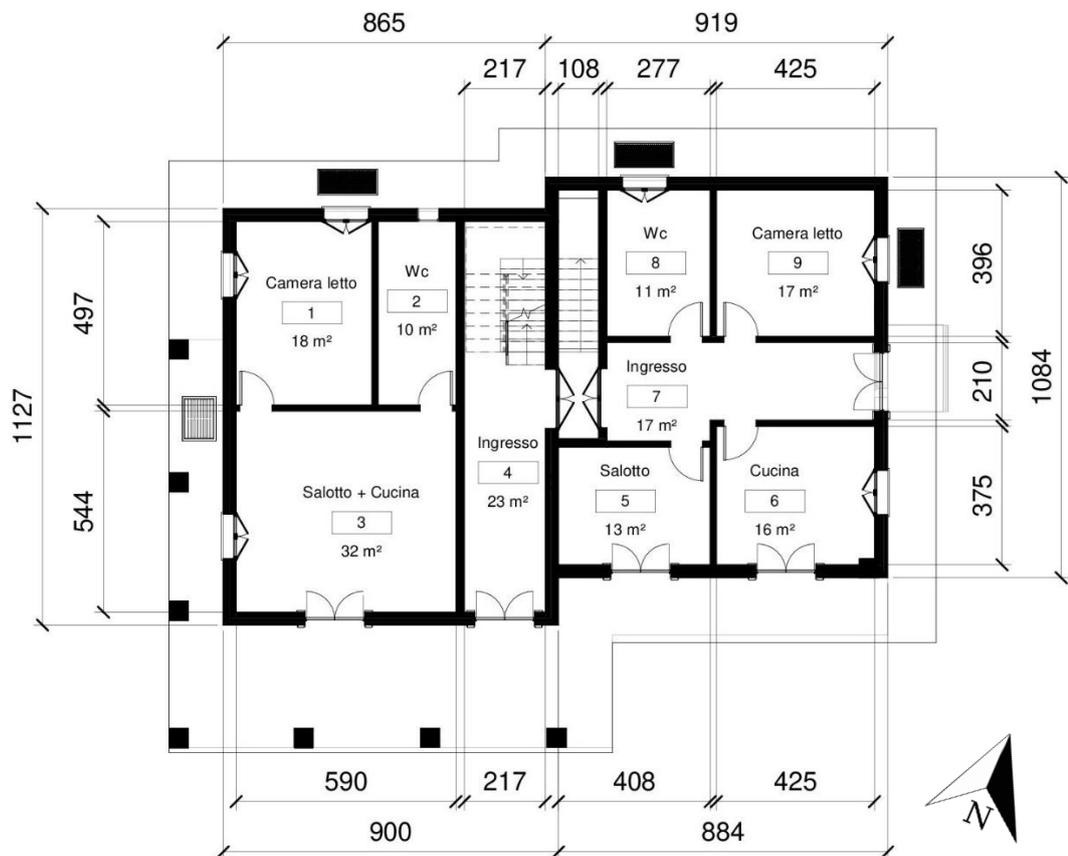
(Viste assometriche dello stato di fatto di Villa Mirabello, realizzate con Revit).



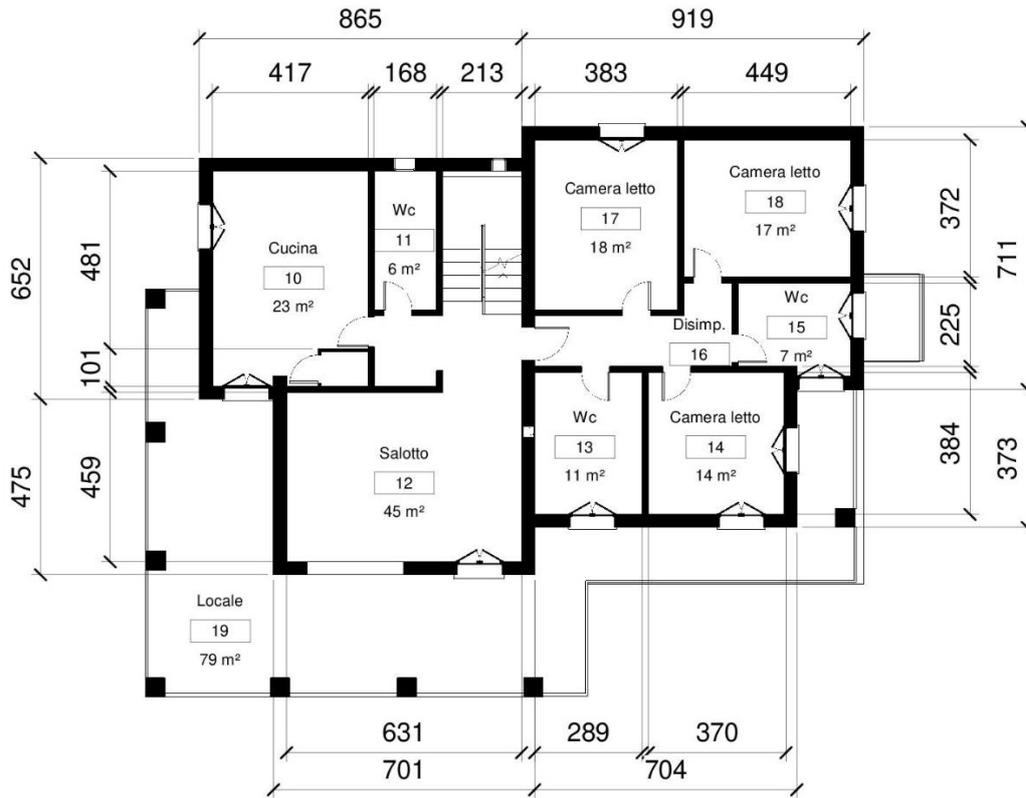
(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.1, Revit).



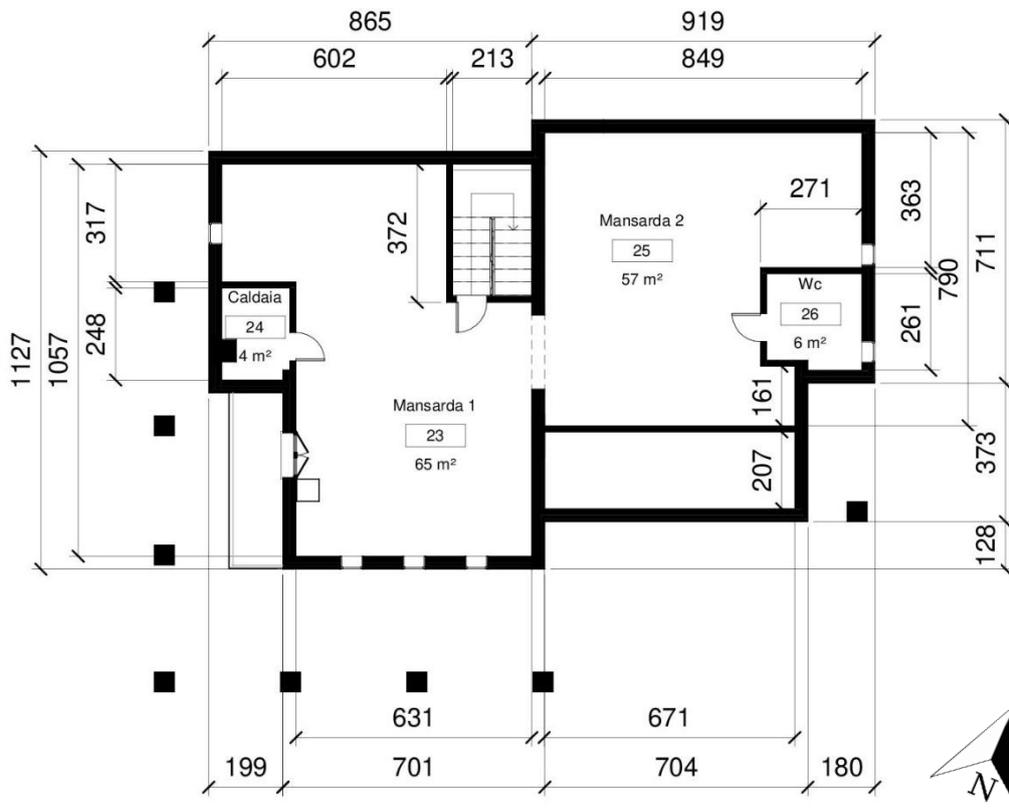
Planimetria stato attuale del piano interrato (sopra) e del piano terra (sotto).



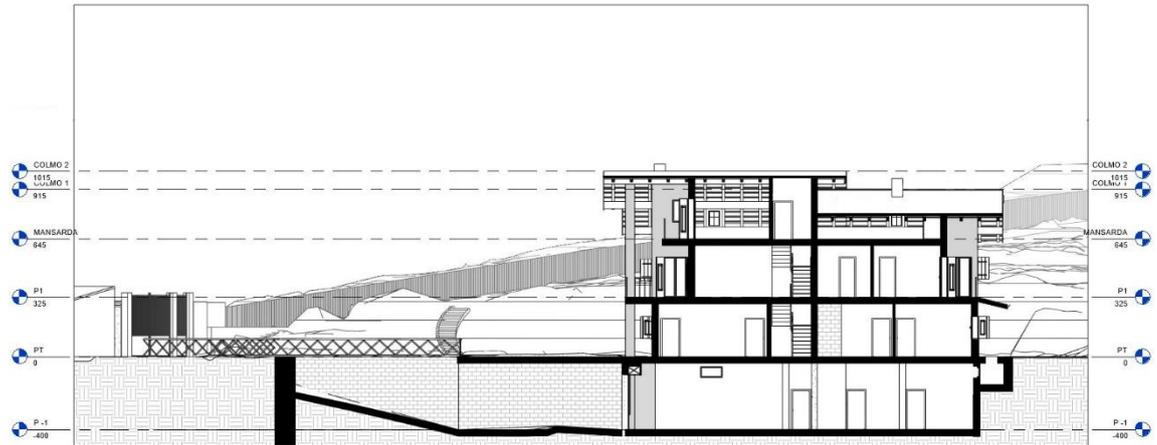
(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.2, Revit).



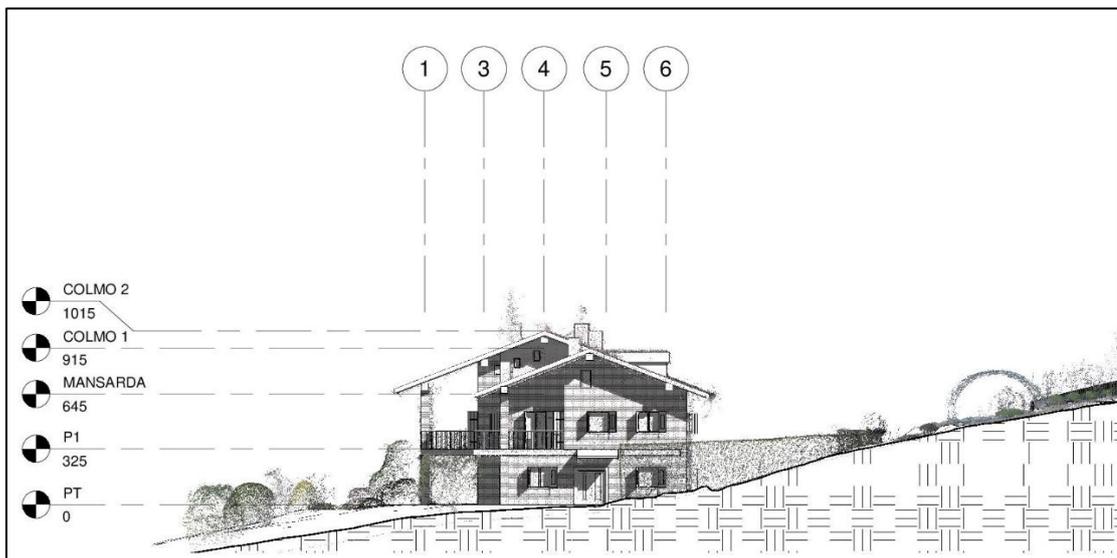
Planimetria stato attuale del piano primo (sopra) e del piano mansarda (sotto).



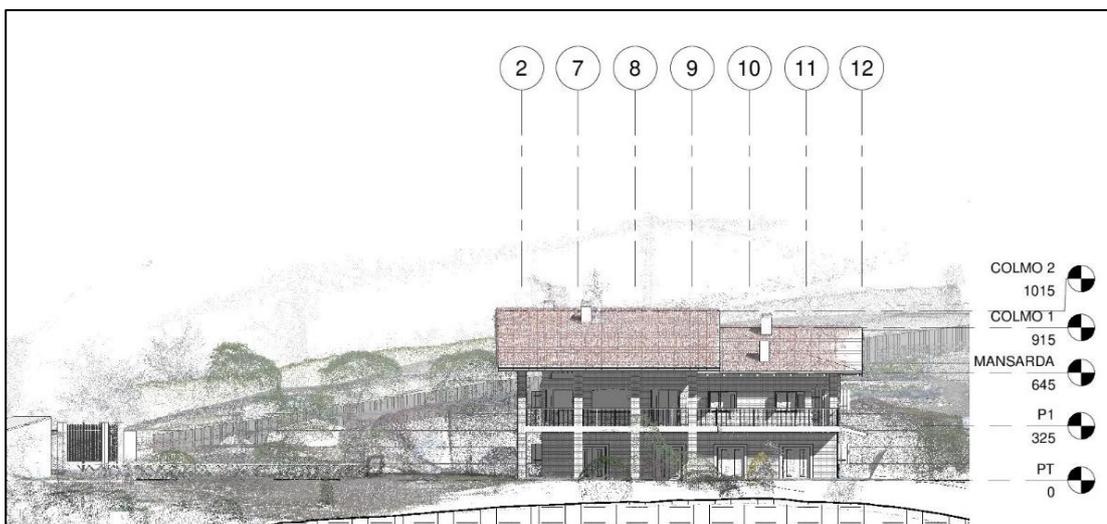
(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.3, Revit).



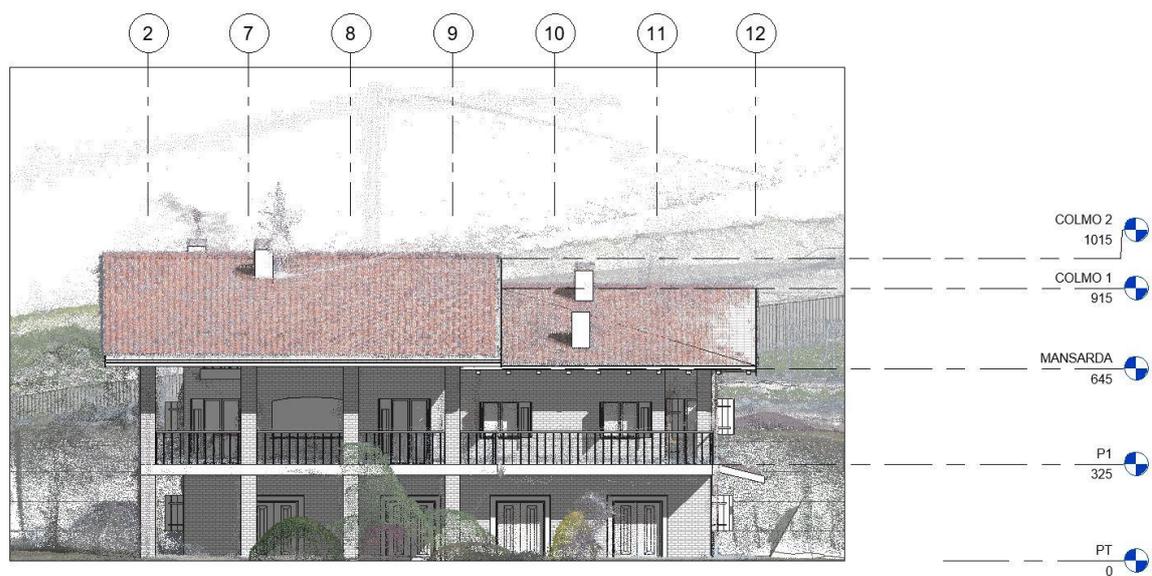
(Sezione longitudinale Est-Ovest, rampa di accesso parcheggio sotterraneo).



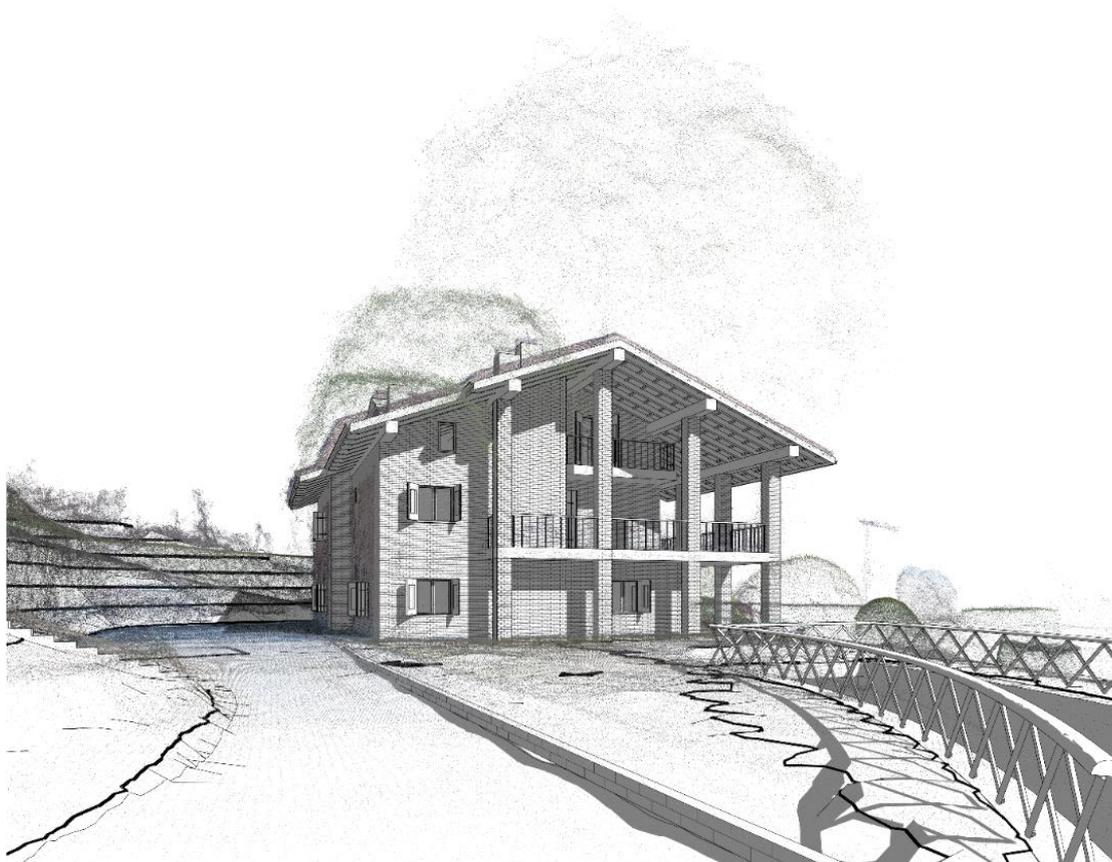
(Prospetto Est (sopra) e prospetto Sud (sotto), con griglia dei pilastri e quote).



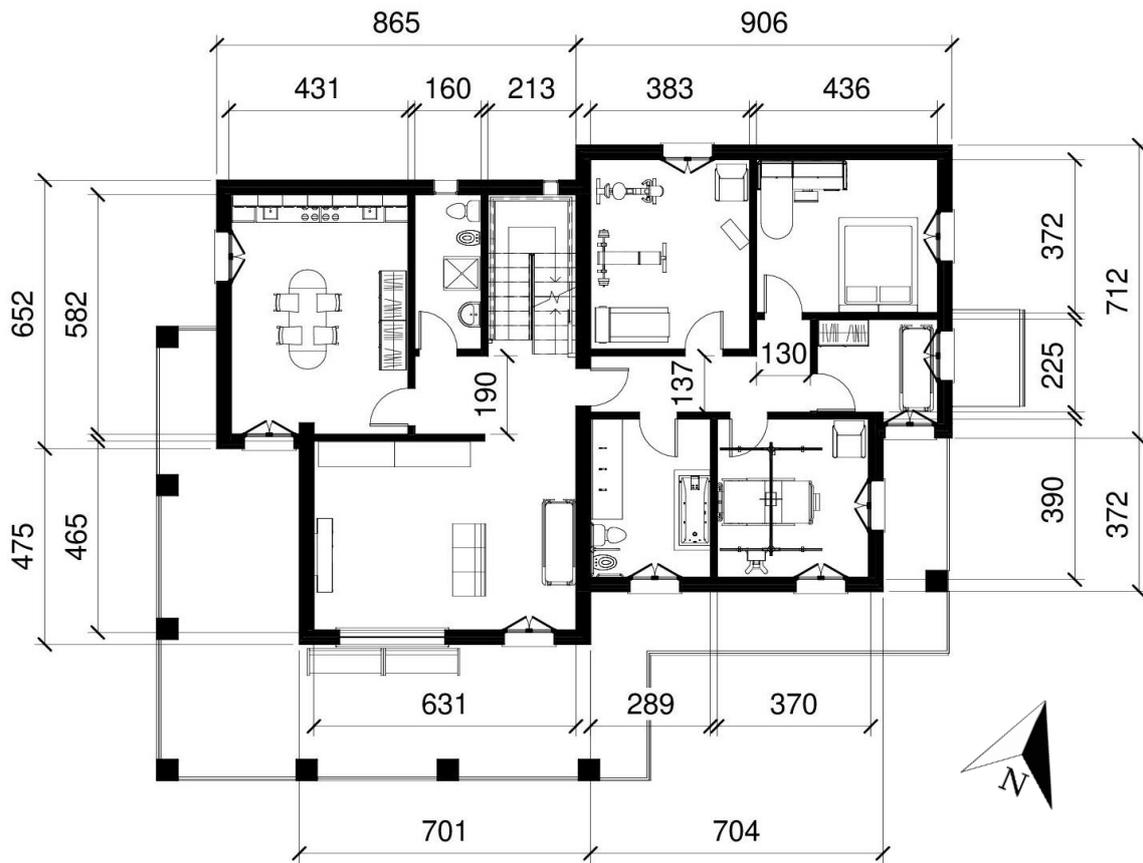
(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.4, Revit).



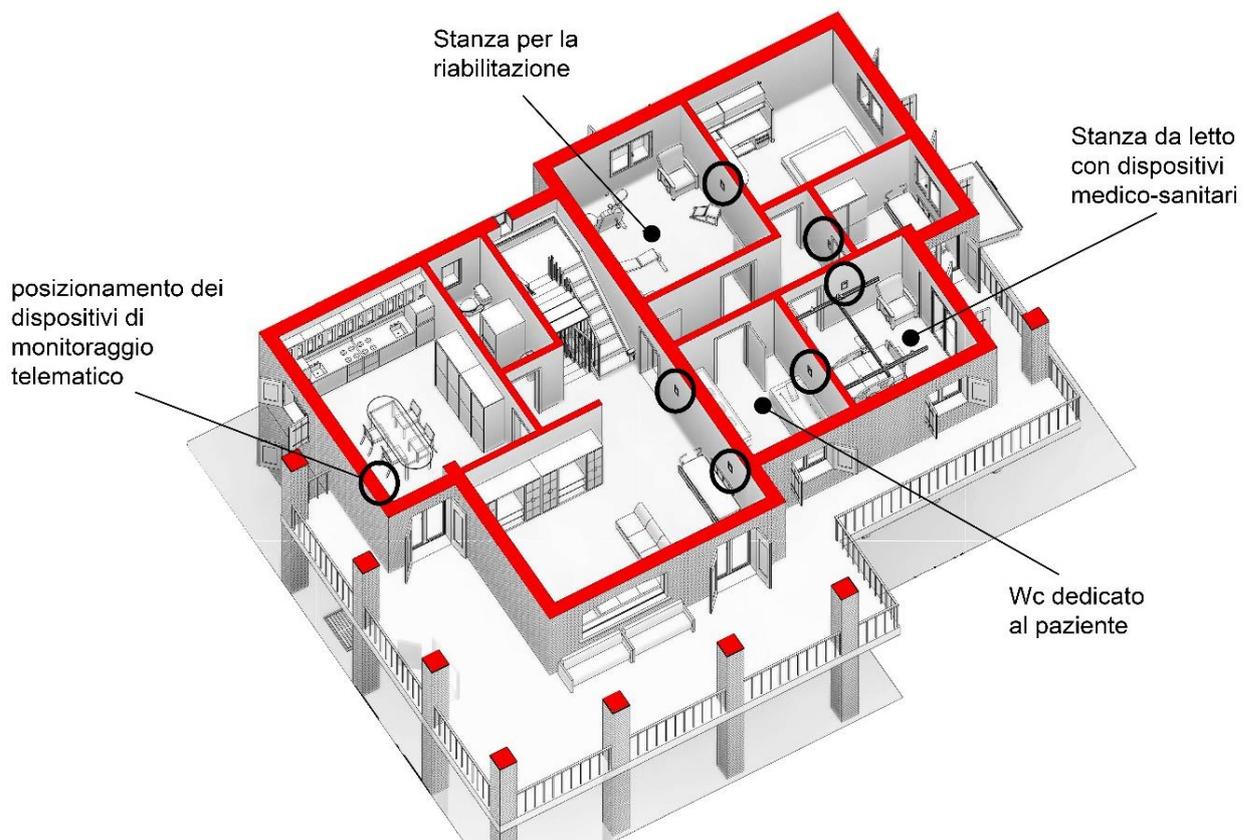
(Prospetto Sud, Modellazione architettonica in base alla nuvola di punti).



(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.5, Revit).



(Planimetria piano primo e spaccato assonometrico dell'ipotesi progettuale).



(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.6, Revit).



(Resa grafica del modello parametrico di Villa Mirabello, comprensivi di contesto).



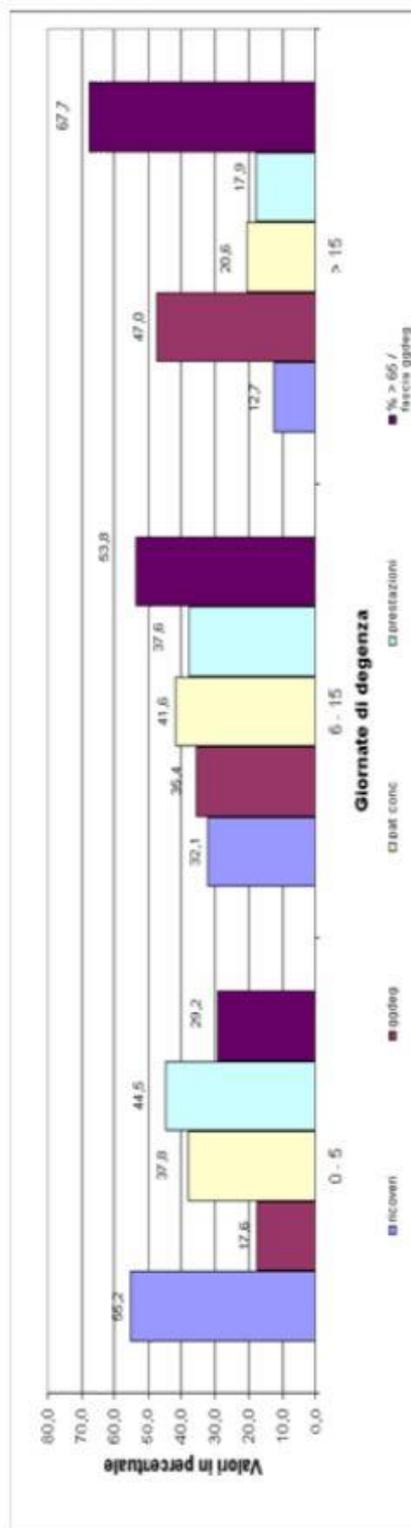
(Allegato 4: Compendio grafico caso studio Villa Mirabello p.7, Lumion 8).

*Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo*

**Tab. I**

**Distribuzione dei ricoveri per macro fasce di durata della degenza**

	Ricoveri	%	%cum	ggdeg	%	%cum	Dmd	Pat conc	%	%cum	Pat conc per ric	Prestazioni	%	%cum	Prest per ric	%>65/fascia ggdeg	peso
0 - 5	80.279	55,22	55,22	212.856	17,57	17,57	2,65	55.899	37,77	37,77	0,70	116.145	44,52	44,52	1,45	29,15	0,92
6-15	46.678	32,10	87,32	429.318	35,43	53,00	9,20	61.564	41,60	79,37	1,32	98.031	37,58	82,10	2,10	53,79	1,53
> 15	18.436	12,68	100	569.534	47,00	100	30,89	30.531	20,63	100	1,66	46.681	17,90	100	2,53	67,65	2,03
<b>Totale</b>	<b>145.393</b>	<b>100</b>		<b>1.211.708</b>	<b>100</b>		<b>8,33</b>	<b>147.994</b>	<b>100</b>		<b>1,02</b>	<b>260.857</b>	<b>100</b>		<b>1,79</b>	<b>41,94</b>	<b>1,26</b>



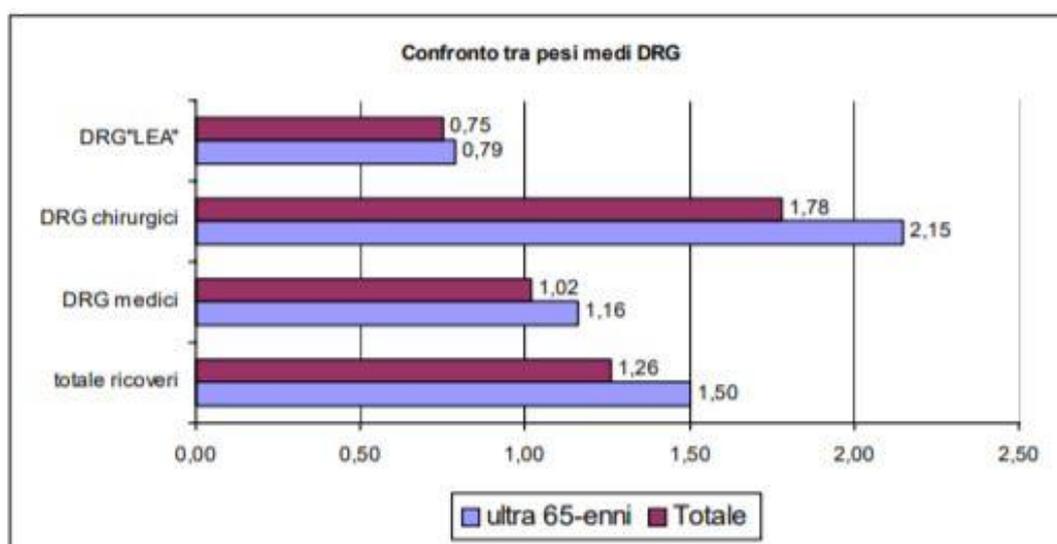
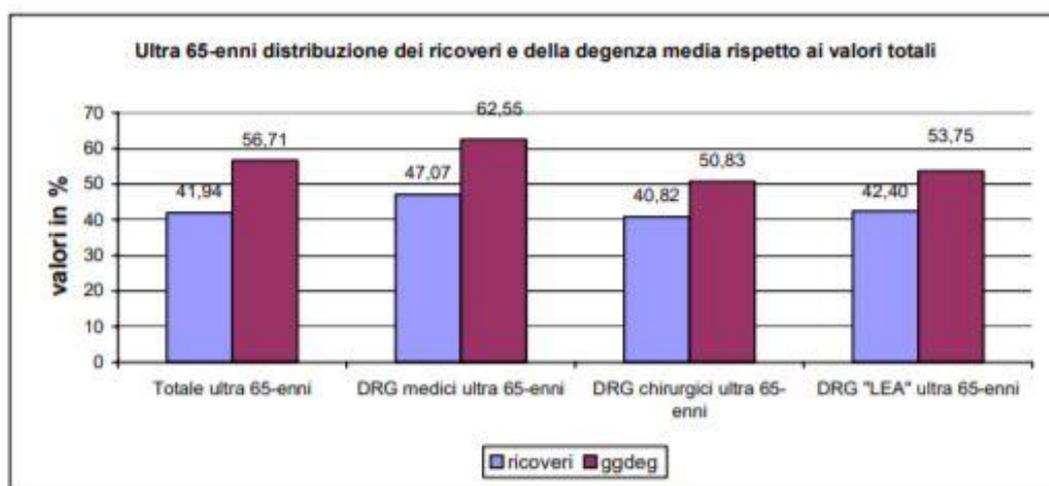
**Considerazioni:**

Fascia di degenza breve (0-5gg) si concentra il maggior numero di ricoveri con il minor numero di giornate di degenza consumate; il peso è il minore tra tutte le fasce e troviamo il minor numero di patologie concomitanti per ricovero caratterizzato da un'alta percentuale di under 65. Fascia di degenza lunga (> 15gg) si concentra il minor numero di ricoveri con il massimo consumo di giornate di degenza, elevato peso e complessità con notevole percentuale di ultra sessantacinquenni.

(Allegato 5: Tabelle inerenti ai ricoveri ospedalieri, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

**Pazienti ultra 65-enni. Considerazioni rispetto ai valori totali**

	ricoveri	%	ggdeg	%	dmd	devstd	peso
Totale ultra 65-enni	60.983	41,94	687.179	56,71	11,27	15,43	1,50
DRG medici ultra 65-enni	40.057	47,07	490.624	62,55	12,25	17,26	1,16
DRG chirurgici ultra 65-enni	20.883	40,82	196.240	50,83	9,40	10,88	2,15
DRG "LEA" ultra 65-enni	10.872	42,40	71.551	53,75	6,58	11,18	0,79



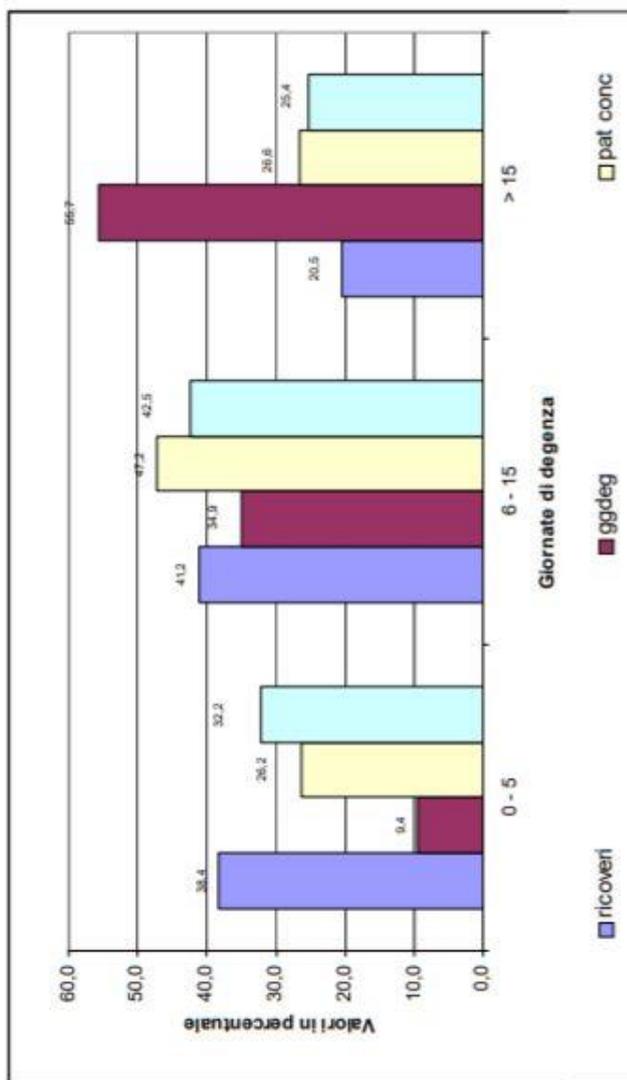
(Allegato 5: Tabelle inerenti ai ricoveri ospedalieri, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

Comitato Ospedaliere Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Tab. 3

**Pazienti ultra 65-enni. Distribuzione dei ricoveri per macro fasce di durata della degenza**

	ricoveri	%	%cum	ggdeg	%	%cum	dmd	pat conc	%	%cum	pat conc per ric	prestaz	%	%cum	pres per ric	peso
0 - 5	23.404	38,38	38,38	64.820	9,43	9,43	2,77	21.816	26,21	26,21	0,93	36.956	32,19	32,19	1,58	1,50
6 - 15	25.107	41,17	79,55	239.717	34,88	44,32	9,55	39.263	47,17	73,37	1,56	48.754	42,46	74,65	1,94	1,65
> 15	12.472	20,45	100,00	382.642	55,68	100,00	30,68	22.166	26,63	100,00	1,78	29.108	25,35	100,00	2,33	1,85
<b>Totale</b>	<b>60.983</b>	<b>100</b>		<b>687.179</b>	<b>100</b>		<b>11,27</b>	<b>83.245</b>	<b>100</b>		<b>1,37</b>	<b>114.818</b>	<b>100</b>		<b>1,88</b>	<b>1,50</b>



**Caratteristiche:**

I ricoveri crescono al crescere della durata di degenza ma sono pressoché uguali nelle fasce brevi (0-5 e 6-15).

Le giornate di degenza crescono al crescere della durata della degenza. Il peso è mediamente maggiore di 1,5 ma cresce al crescere del tempo come le patologie concomitanti.

(Allegato 5: Tabelle inerenti ai ricoveri ospedalieri, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

## 18. Allegati

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
Organizzazione dell'accoglienza della richiesta	p/AS	s	1	Attivazione di un centro unico di riferimento (centrale operativa) con eventuali sportelli decentrati, facilmente accessibili, anche telefonicamente, per la ricezione delle richieste di attivazione del servizio e per favorire i contatti con l'utenza, la rete dei servizi e M.M.G.	n. giorni e ore/settimana di apertura all'utenza della segreteria organizzativa
Organizzazione della valutazione	p/VA	s	2	Adozione della metodologia della valutazione multidimensionale per definire i bisogni del paziente, il conseguente piano di cura e le successive rivalutazioni	Équipe di valutazione della Centrale Operativa
	o/GU	s	3	L'U.V.M. deve essere costituita da figure professionali che garantiscono in funzione della tipologia del caso valutato la diversificazione delle competenze: MMG, infermiere, terapeuta della riabilitazione, assistente sociale, medico specialista (geriatra- fisiatra- palliativista)	Tipologia delle figure professionali che compongono l'équipe valutativa, funzione della Centrale Operativa
	p/VA	s	4	L'organizzazione destina una quantità di tempo adeguato per l'adempimento dei processi valutativi e di pianificazione degli interventi	Ore dedicate / mese
Accoglienza delle richieste e presa in carico	p/AS	p	5	Le modalità di accesso al servizio sono chiaramente definite e pubblicate attraverso apposito materiale informativo che descrive la tipologia dell'utenza, le modalità di accesso, le strutture della rete, le prestazioni offerte, gli eventuali oneri	Formalizzazione delle modalità di accoglienza delle richieste. Esistenza e diffusione di materiale informativo.
	o/GU	s	6	Viene garantita la presenza di personale adeguato all'effettuazione dell'accoglienza: amministrativo, medico, infermiere, assistente sociale	Figure professionali dedicate
Tempestività della valutazione	p/VA	p	7	L'UVM procede tempestivamente alla valutazione e alla definizione del piano assistenziale	Termine entro il quale si procede ad una valutazione preliminare
Tempestività di attivazione delle cure	p/AS	p	8	L'organizzazione assicura l'attivazione delle cure domiciliari entro tempi definiti ed adeguati alle esigenze dell'assistito concordando il piano con il suo M.M.G.	Tempo massimo entro il quale deve essere attivato il piano delle cure domiciliari dal giorno della segnalazione
Consenso del paziente e/o familiare alle cure domiciliari	p/DE	p	9	L'organizzazione prevede l'acquisizione del consenso informato da parte del paziente o familiare all'effettuazione delle cure e al trattamento dei dati sensibili	Registrazione in cartella del consenso alle cure e formalizzazione del consenso al trattamento dei dati sensibili
Attuazione della valutazione multidimensionale	p/VA	p	10	Dopo la valutazione preliminare ciascun paziente viene valutato secondo una metodologia globale e multidisciplinare	Utilizzo degli strumenti di valutazione per la dimensione clinica, funzionale e sociale
Pianificazione dell'assistenza	p/AS	p	11	Per ogni paziente preso in carico viene steso un piano di cura concordato con il MMG e con evidenziati: natura dei problemi, obiettivi di cura, modalità di realizzazione (prestazioni, operatori, tempi, metodi di lavoro) indirizzi terapeutici, ausili e presidi necessari, case manager, care giver, follow up	% dei piani assistenziali che rispondono ai criteri definiti

44

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
	p/CC	p	12	Per ogni paziente preso in carico viene individuato un operatore di riferimento (tutor) con funzioni di supporto anche per il MMG	Ciascun paziente ha un operatore di riferimento
Verifica e follow up	p/VA	p	13	Ogni paziente secondo la periodicità indicata dal piano, o in caso di evento intercorrente, viene rivalutato	Rivalutazione adottando gli strumenti coerenti con la valutazione di ingresso o le necessità intercorrenti
Sistema informativo	o/SI	p	14	Per ogni paziente viene compilata una cartella multidimensionale che raccoglie informazioni relative agli strumenti di valutazione adottati, il piano di cura adottato, il diario clinico-assistenziale, le problematiche psicologiche e sociali, i presidi ed ausili consegnati, l'eventuale telemonitoraggio	% di pazienti con cartella completa secondo i criteri definiti
Integrazione con il M.M.G	p/CC	p	15	L'organizzazione promuove l'integrazione con il M.M.G	Applicazione di un protocollo condiviso e sottoscritto con gli organismi aziendali preposti
	p/CC	P	16	I pazienti vengono presi in carico a seguito di richiesta o di consenso formalizzato dal loro MMG. Le segnalazioni provenienti da soggetti diversi dal MMG vengono ricondotte allo stesso. Con il MMG si concorda la consulenza continuativa del medico specialista o il passaggio in cura in caso di indisponibilità del MMG titolare della scelta.	% di casi presi in carico con richiesta o consenso formalizzato del MMG
Integrazione con le strutture ospedaliere	p/CC	p	17	L'organizzazione promuove l'integrazione con i presidi ospedalieri di riferimento attraverso: - protocollo sulle dimissioni protette ed i ricoveri programmati sottoscritto e condiviso con i presidi del territorio di riferimento; - protocolli per il monitoraggio attraverso la telemedicina per i pazienti critici; - procedure concordate per la diagnostica di laboratorio e strumentale	Applicazione di protocolli formalizzati su dimissioni protette, telemedicina, diagnostica di laboratorio e strumentale
Integrazione con le strutture residenziali	p/CC	p	18	L'organizzazione, d'intesa con il MMG, promuove l'integrazione con le Strutture residenziali (RSA-IDR)	Applicazione di un protocollo condiviso e sottoscritto con le strutture operanti nel territorio di riferimento
Integrazione con i SAD comunali	p/CC	p	19	L'organizzazione, d'intesa con il MMG, promuove l'integrazione con i Servizi Sociali dei Comuni di riferimento	Applicazione di un protocollo sottoscritto tra Asl e Conferenza provinciale dei Sindaci
Coordinamento del Servizio	o/LE	s	20	L'organizzazione dispone di una Direzione Sanitaria	Presenza di un dirigente medico a cui è attribuita la responsabilità del servizio
	o/LE	s	21	L'organizzazione dispone di un coordinamento infermieristico	Presenza di un infermiere a cui sono attribuite le funzioni direttive
	o/LE	s	22	L'organizzazione dispone di un coordinamento dei terapisti della riabilitazione	Presenza di un terapeuta a cui sono attribuite le funzioni direttive

45

(Allegato 6: Tabelle inerenti ai fattori e dei criteri per l'attuazione del ricovero domiciliare, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
	o/GU	s	23	L'organizzazione dispone di personale di coordinamento per i servizi socio-assistenziali	Presenza di un Assistente sociale a cui sono attribuite le funzioni direttive
Dotazione organica	o/GU	s	24	L'organizzazione dispone di personale numericamente adeguato e di accertata competenza professionale con funzioni di line	Presenza delle figure professionali di seguito elencate: Infermiere, Fisioterapista, Logopedista, Dietista, Assistente sociale, Geriatra, Fisiatra, Palliativista, Psicologo, Amministrativo (n. operatori)
	o/GU	s	25	Disponibilità di Specialisti consulenti (pneumologo, nutrizionista, chirurgo generale, chirurgo vascolare, cardiologo)	Esistenza di apposite convenzioni per le consulenze indicate
Dotazione organica Cure Palliative	o/GU	s	26	L'organizzazione dispone di una équipe esclusivamente dedicata alle cure palliative formata per le cure dei malati inguaribili a breve aspettativa di vita	Presenza di una équipe medica ed infermieristica dedicata
Collegamento tra paziente in carico e Centrale operativa	p/CC	s	27	L'organizzazione garantisce all'utente in carico un facile accesso telefonico alla centrale operativa e/o alla reperibilità infermieristica	Orario di accessibilità telefonica e presenza di pronta disponibilità
Copertura assistenziale	p/CC	s	28	L'organizzazione prevede una tutela sanitaria del Medico di Medicina generale, adeguata a garantire continuità assistenziale circadiana al paziente durante tutto il percorso di cura	Effettiva disponibilità dei MMG o dei Medici continuità assistenziale
	p/CC	s	29	L'organizzazione prevede la presenza in servizio degli infermieri in orari adeguati a soddisfare i bisogni dei pazienti	Fasce orarie di erogazione delle cure
	p/CC	s	30	L'organizzazione prevede la presenza in servizio dei terapisti, logopedista, dietista, assistente sociale, fisiatra geriatra, psicologo, e altri specialisti convenzionati in orari adeguati a soddisfare i bisogni dei pazienti	Fasce orarie di erogazione delle cure
	p/CC	s	31	L'organizzazione prevede la presenza in servizio dei medici palliativisti in orari adeguati a soddisfare i bisogni dei pazienti	Fasce orarie di erogazione delle cure per tutti i pazienti, per i pazienti con consulenza continuativa e con passaggio in cura
Risorse strumentali	o/SA	s	32	L'organizzazione dispone di sedi adeguate per l'accesso dell'utenza e per gli operatori del servizio: area di reception, ambulatorio, locali per colloqui, riunioni di équipe, studi professionali, deposito materiali, aula didattica, spazio per archivi, spogliatoi, collegamenti intranet ed internet, cassaforte per stupefacenti, collegamenti telefonici e telefax, fotocopiatore, spogliatoi	Disponibilità di una struttura adeguata
	o/SA	s	33	L'organizzazione dispone di autovetture per gli operatori	Disponibilità di un parco auto

46

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
	o/SA	s	34	L'organizzazione dispone di un adeguato equipaggiamento per gli operatori: divise invernali ed estive, calzature, borse per materiale sanitario, borse per trasporto di materiale biologico, marsupi per il personale di line	Disponibilità dei materiali indicati
	o/SA	s	35	L'organizzazione ha dotato gli operatori di un cartellino di riconoscimento e di pass per l'accesso e la sosta in area soggette a limitazioni	Esistenza dei documenti di riconoscimento e dei pass autorizzati dalle autorità competenti
	o/SA	s	36	L'organizzazione mette a disposizione degli operatori apparecchiature elettromedicali, strumentazione medica e chirurgica, ausili e presidi medico- chirurgici- farmaceutici e protesici adeguati alla tipologia degli interventi previsti	Disponibilità di strumentazione adeguata alla tipologia delle prestazioni da erogare, certificata e conforme alle norme di sicurezza
	o/SA	p	37	L'organizzazione ha adottato le procedure di carico e scarico dei materiali e delle attrezzature nel rispetto delle norme di legge e con controllo delle scadenze per i materiali deperibili	Esistenza di procedure codificate
	o/SA	p	38	L'organizzazione ha attivato service per la consegna ed il ritiro di materiale a consumo ripetuto ausili, presidi farmaceutici e protesici e per l'assistenza continuativa dei pazienti in ventilo-ossigeno terapia a lungo termine, nutriti artificialmente	Esistenza di specifici contratti
	o/SA	p	39	L'organizzazione ha adottato procedure per la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti speciali	Esistenza di specifiche procedure
	o/SA	p	40	L'organizzazione ha adottato procedure per la gestione dei farmaci stupefacenti per la terapia antalgica domiciliare	Adozione protocollo aggiornato alla normativa specifica
	o/SI	p	41	L'organizzazione dispone di un sistema informativo atto a monitorare le attività del servizio e per rilevare in modo uniforme gli indicatori di attività e di risultato previsti dal controllo di gestione ed assicurare i debiti informativi interni ed esterni	Adozione del listino prodotti e di un protocollo per la gestione dei flussi informativi registrati in cartella o su apposita modulistica che costituisce il sistema di reporting
	o/MQ	p	42	L'organizzazione adotta un sistema di indicatori per la verifica periodica della propria performance	Esistenza di un sistema di indicatori con definizioni esplicite delle modalità di rilevazione
	O/SI	p	43	L'organizzazione dispone di un sistema informativo per la rilevazione omogenea delle informazioni	Esistenza di un manuale contenente le definizioni operative accessibili agli operatori per le voci relative agli

47

(Allegato 6: Tabelle inerenti ai fattori e dei criteri per l'attuazione del ricovero domiciliare, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

## 18. Allegati

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
	p/CC	p	55	L'organizzazione assicura l'integrazione con i servizi di continuità assistenziale (guardia medica) e di urgenza - emergenza	Esistenza di un protocollo di integrazione tra cure domiciliari e servizio di continuità assistenziale e 118
	p/CC	p	56	L'organizzazione promuove accordi di collaborazione con le organizzazioni del terzo settore ed il volontariato operanti nel settore della disabilità, degli anziani e dei malati di cancro	Esistenza di accordi formalizzati-convenzione per la collaborazione con le organizzazioni di volontariato
Tutela dei diritti del cittadino	p/DE	p	57	L'organizzazione promuove la tutela dei diritti del paziente, la personalizzazione e l'umanizzazione dell'assistenza	Esistenza di una carta dei servizi con una sezione specifica riguardante gli aspetti etici
Garanzia della qualità	o/MQ	p	58	L'organizzazione promuove una esplicita politica della qualità per il miglioramento continuo della struttura, dei procedimenti e dei risultati del servizio	Esistenza di un piano dei controlli per monitorare e verificare la qualità con indicazione della periodicità dei controlli, il campione da analizzare, gli strumenti di rilevazione e gli operatori coinvolti
Controllo di Gestione	o/MQ	p	59	L'organizzazione adotta un programma di controllo di gestione relativamente ad ogni tipologia, per profili di cura e per operatore con elaborazione di dati riferiti almeno a: Caratteristica dell'utenza, Durata dei trattamenti, Volume delle attività erogate, Ore lavorate a domicilio, Ore impiegate per trasferimenti, Tempo logistico, Durata accessi, Periodo di coperture, Giornate effettive di trattamento, Consumo beni farmaceutici ed economici, Costi prestazione, Costi accesso, Costi per profilo di cura	Esistenza di una procedura per il controllo di gestione Esistenza di una procedura informatizzata
Continuità delle cure domiciliari	p/AS	e	60	Le cure domiciliari hanno un forte impatto nel ridurre i ricoveri ospedalieri impropri e/o il ricorso al pronto soccorso ospedaliero	N° di giorni di ricovero ospedaliero durante l'Assistenza domiciliare N° ricoveri nei 6 mesi precedenti l'attivazione delle cure domiciliari e nei 6 mesi successivi N° degli accessi al pronto soccorso durante l'Assistenza domiciliare Tasso di ospedalizzazione popolazione >= 75 anni
	p/AS	p	61	L'esito delle cure in termini di impatto sulla salute, l'autosufficienza, le condizioni psicologiche e la soddisfazione dell'assistito e del care giver dipendono dalla continuità della presenza e dalla frequenza degli accessi	%le di pazienti che ricevono assistenza continuativa coerente al piano di cura

49

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
					indicatori
	o/SI	p	44	L'organizzazione dispone di un sistema informatizzato che consenta l'elaborazione di reports periodici	Esistenza di un sistema informatizzato che garantisca un rapido accesso ai dati per elaborazioni statistiche a fini gestionali ed epidemiologici
Qualità delle procedure	o/MQ	p	45	L'organizzazione utilizza protocolli tecnico- operativi e professionali multidisciplinari o specifici per la loro professionalità con particolare riferimento a quelli basati su evidenze scientifiche di efficacia (Ventilazione meccanica, Ulcere da decubito o vascolari, Cateterismo a circuito chiuso, Rieducazione neuromotoria, Nutrizione artificiale, Monitoraggio e controllo dei sintomi nel paziente terminale, etc.)	Adozione di protocolli tecnico-operativi e professionali
Educazione sanitaria del paziente e della famiglia	p/ED	p	46	L'organizzazione adotta un piano per offrire interventi coordinati di educazione sanitaria al paziente ed ai suoi familiari	Esistenza di un piano per l'educazione sanitaria
Garanzie di sicurezza	o/SA	p	47	L'organizzazione adotta le normative di sicurezza vigenti per la salvaguardia degli utenti del servizio	Gli operatori dispongono di protocolli operativi specifici per la protezione e la salvaguardia degli assistiti
	o/SA	p	48	L'organizzazione adotta le normative di sicurezza vigenti per la salvaguardia degli addetti del servizio	Gli operatori dispongono di protocolli operativi specifici di prevenzione e protezione
Formazione del personale	o/GU	p	49	L'organizzazione pianifica annualmente la formazione degli operatori	Esistenza del piano di formazione
	o/GU	p	50	L'organizzazione prevede tempi adeguati per l'inserimento nel servizio di nuovi operatori	Adozione di un programma individuale di inserimento
Sostegno psicologico del personale addetto	o/GU	p	51	L'organizzazione mette a disposizione personale qualificato per un supporto psicologico agli operatori attraverso riunioni plenarie, professionali e disponibilità per colloqui individuali	Adozione di un programma per il sostegno psicologico agli Operatori
Integrazione operatori della rete dei servizi	p/CC	p	52	L'organizzazione pianifica periodici confronti con gli operatori del servizio: riunioni plenarie e di équipe territoriali mono e pluriprofessionali, tecniche ed organizzative gestionali	Esistenza di un programma degli incontri con cadenze diversificate
	p/CC	p	53	Il personale di coordinamento, le équipe valutative ed il singolo operatore effettuano, in relazione alla tipologia e complessità dei casi trattati, periodici confronti con altri soggetti coinvolti nell'assistenza	Esistenza di procedure esplicite per l'integrazione tra le figure professionali nella gestione dei casi
	p/CC	p	54	L'organizzazione prevede la collaborazione con il MMG o il curante individuato dall'assistito se diverso da questi	Esistenza di una procedura esplicita per le relazioni con il medico curante

48

(Allegato 6: Tabelle inerenti ai fattori e dei criteri per l'attuazione del ricovero domiciliare, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
	p/AS	p	62	La qualità della relazione e dell'informazione migliorano il benessere psicologico degli utenti e dei care giver	% di pazienti nei quali è rispettato il tempo standard per accesso
	p/CC	e	63	Le dimissioni protette riducono la durata delle degenze	% di pazienti presi in carico attraverso il percorso delle dimissioni protette e dimessi dall'Ospedale nei 7 giorni precedenti
	p/AS	e	64	Le cure palliative permettono ai malati di essere curati a casa fino alla morte con ciò rispettando la scelta del luogo di cura, laddove la copertura assistenziale sia garantita nell'arco delle 24 ore	% di pazienti deceduti a casa
Integrazione con il m.m.g.	p/AS	e	65	Una buona integrazione con il medico di medicina generale migliora i risultati perché consente di erogare prestazioni coordinate e appropriate e consente di intervenire su situazioni meno compromesse. La condivisione degli obiettivi e delle prestazioni migliora il clima e la relazione con la famiglia.	% di mmg che utilizzano il servizio % di pazienti inviati dal mmg % di pazienti per i quali è stato effettuato entro 8 giorni dall'attivazione il colloquio con il MMG e concordato il piano di cura
Tempestività	p/AS	e	66	Il servizio deve garantire risposte tempestive al fine di sostenere la scelta delle cure domiciliari da parte del paziente	% di pazienti che hanno ricevuto la prima visita entro 48 ore (cp/critici) e 72 ore (altri) dalla richiesta
Partecipazione e sostegno della famiglia	p/AS	e	67	Il coinvolgimento attivo della famiglia migliora l'efficacia delle cure	% di pazienti per i quali è stato effettuato il colloquio preliminare con i familiari
	p/AS	e	68	Le cure palliative devono garantire il supporto al lutto	% di famiglie che hanno ricevuto la visita di un membro dell'équipe il giorno della morte (o nei giorni successivi) del congiunto
Percezione della salute e della qualità di vita	p/AS	e	69	L'attenzione alla qualità di vita e alla salute percepita dai pazienti è elemento di qualità del servizio in quanto consente di porre l'attenzione su problemi soggettivi che possono sfuggire alla diagnosi oggettiva. Inoltre ogni variazione positiva è indice di efficacia dell'assistenza	% di pazienti in cui si è verificata una variazione positiva attraverso uno specifico questionario che esplora i sintomi, il ritmo sonno veglia, il benessere psicologico, la soddisfazione delle attese personali, la socializzazione

50

Comitato Ospedalizzazione Domiciliare (D.M. 12/4/2002) - Documento conclusivo

Fattore	Codice Funzioni	Asse	N°	Criterio	Indicatore
Qualità delle cure	p/AS	e	70	Le cure palliative si propongono di fornire una risposta ai bisogni fisici, psicologici, sociali e spirituali dei malati	% di pazienti per i quali è stato evidenziato un miglioramento della qualità della vita attraverso idoneo strumento di valutazione (ad es.TIQ) . % di pazienti per i quali è stato documentato un appropriato livello della qualità delle cure attraverso idoneo strumento di valutazione (ad es.STAS – POS)
Appropriatezza del periodo di presa in carico ed intensità assistenziale	p/AS	e	71	Il periodo di presa in carico deve essere coerente con gli obiettivi del piano di cura tenuto conto delle condizioni funzionali del paziente, della cronicità della patologia e dell'aspettativa di vita	% di pazienti con durata dell'assistenza compresa tra: 0 e 5 giorni/ 6-20 giorni/ 21-90 giorni/ 91-180 giorni/ > 181 giorni intensità assistenziale per profilo/tipologia assistenziale con determinazione del C.I.A= gg.effettiva/gg periodo di cura
Consapevolezza	p/AS	e	72	La maggiore consapevolezza da parte del malato terminale della diagnosi e della prognosi lo rende in grado di scegliere meglio le diverse opzioni terapeutiche	% di malati di ciascuna delle 5 classi relative allo strumento che esplora la consapevolezza di diagnosi e prognosi
Soddisfazione del paziente e della famiglia	p/AS	e	73	La soddisfazione del paziente e della famiglia per il servizio ricevuto è un elemento di qualità in quanto consente di valutare se il servizio ha risposto adeguatamente ai suoi bisogni	% di risposte con giudizio positivo al questionario di valutazione
Ottimizzazione delle risorse	o/GU	p	74	Il migliore utilizzo possibile delle risorse umane nell'erogazione dell'assistenza è elemento di qualità in quanto riduce gli sprechi e valorizza gli operatori	Carichi di lavoro, tempi di accesso
Grado di fidelizzazione	p/AS	e	75	L'organizzazione è valutata anche in relazione alla capacità di attrazione nel proprio ambito di riferimento	% di ultrasessantacinquenni ultrasessantacinquenni e di deceduti per cancro assistiti nel proprio ambito di riferimento
	o/GU	e	76	La stabilità ed il grado di motivazione degli Operatori favorisce la continuità e la qualità delle cure in termini professionali e relazionali	%le turnover degli Operatori

51

(Allegato 6: Tabelle inerenti ai fattori e dei criteri per l'attuazione del ricovero domiciliare, tratte dal D.M. 12/04/2002, documento conclusivo sulle cure domiciliari).

Tavola 2.3.2 - Distribuzione delle dimissioni per regione e tipo istituto - Attività di Riabilitazione in Regime diurno - Anno 2016

REGIONE	Aziende ospedaliere		Ospedali a gestione diretta		Politici universitari pubblici		Politici universitari privati		I.R.C.C.S. pubblici e fondati SSB		I.R.C.C.S. privati e fondati priv		Ospedali classificati		Case di cura private accreditate		Case di cura private non accreditate		Istituti qualificati USL		Enti di ricerca		Totale	
	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%
Piemonte	240	11,8	447	21,9	555	27,2	-	-	-	-	14	0,7	-	-	-	-	-	-	781	38,3	-	-	2.037	100,0
Vale d'Aosta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lombardia	-	-	32	1,2	-	-	-	-	-	-	1.093	40,7	98	3,7	1.460	54,4	-	-	-	-	-	-	2.683	100,0
P.A. Bolzano	-	-	198	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198	100,0
P.A. Trento	-	-	321	60,0	-	-	-	-	-	-	214	40,0	39	1,1	434	111,7	-	-	1.644	44,4	-	-	3.706	100,0
Veneto	-	-	209	5,6	70	1,9	-	-	-	-	1.310	35,3	39	1,1	434	111,7	-	-	-	-	-	-	119	100,0
Friuli V.G.	-	-	119	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119	100,0
Liguria	-	-	625	66,8	-	-	-	-	78	8,3	-	-	56	6,0	177	18,9	-	-	-	-	-	-	986	100,0
Emilia Romagna	137	3,4	651	16,2	852	21,1	-	-	873	21,7	-	-	-	-	780	19,4	-	-	737	18,3	-	-	4.030	100,0
Toscana	-	-	132	17,0	221	28,5	-	-	-	-	342	44,1	-	-	-	-	-	-	80	10,3	-	-	775	100,0
Umbria	56	10,7	467	89,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	523	100,0
Marche	201	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201	100,0
Lazio	110	1,9	355	6,1	11	0,2	-	-	-	-	1.489	25,7	535	9,2	3.175	54,8	-	-	121	2,1	-	-	5.796	100,0
Abruzzo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	100,0	-	-	-	-	-	-	82	100,0
Molise	-	-	248	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	248	100,0
Campania	1.781	43,6	338	8,8	298	7,3	-	-	-	-	296	7,2	-	-	1.353	33,1	-	-	-	-	-	-	4.086	100,0
Puglia	-	-	742	64,9	401	35,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.143	100,0
Basilicata	182	80,9	43	19,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225	100,0
Calabria	67	7,1	27	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	852	90,1	-	-	-	-	-	-	946	100,0
Sicilia	220	7,6	397	13,7	457	15,8	-	-	153	5,3	112	3,9	53	1,8	1.433	49,4	5	0,7	76	2,6	-	-	2.501	100,0
Sardegna	570	74,9	186	24,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	761	100,0
ITALIA	3.564	11,2	5.557	17,4	2.865	9,0	-	-	1.104	3,5	4.656	14,6	781	2,4	9.965	31,2	-	-	3.439	10,8	-	-	31.931	100,0

Tavola 2.3.1 - Distribuzione delle dimissioni per regione e tipo istituto - Attività di Riabilitazione in Regime ordinario - Anno 2016

REGIONE	Aziende ospedaliere		Ospedali a gestione diretta		Politici universitari pubblici		Politici universitari privati		I.R.C.C.S. pubblici e fondati pub		I.R.C.C.S. privati e fondati priv		Ospedali classificati		Case di cura private accreditate		Case di cura private non accreditate		Istituti qualificati USL		Enti di ricerca		Totale		
	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	
Piemonte	877	2,5	4.522	12,8	750	2,1	-	-	-	-	6.748	19,1	-	-	18.832	53,4	-	-	3.569	10,1	-	-	35.798	100,0	
Vale d'Aosta	-	-	203	17,8	-	-	-	-	850	0,9	25.121	26,2	3.809	4,0	44.374	46,3	34	0,0	-	-	-	-	1.140	100,0	
Lombardia	-	-	21.709	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.977	76,5	-	-	-	-	-	-	95.891	100,0	
P.A. Bolzano	-	-	913	23,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192	3,3	4.815	81,1	-	-	4.717	17,0	-	-	5.797	100,0
P.A. Trento	-	-	790	13,6	-	-	-	-	-	-	1.173	4,2	3.553	12,8	8.936	32,2	-	-	-	-	-	-	-	27.714	100,0
Veneto	179	0,6	8.486	30,6	670	2,4	-	-	-	-	-	-	-	1.399	47,8	2.937	28,7	-	-	-	-	-	-	2.802	100,0
Friuli V.G.	-	-	1.463	52,2	-	-	-	-	1.350	12,2	978	9,5	534	5,2	14.953	63,1	32	0,1	742	3,3	-	-	10.245	100,0	
Liguria	-	-	4.546	44,4	-	-	-	-	4.127	16,1	-	-	-	-	3.066	35,9	-	-	1.368	13,6	-	-	22.786	100,0	
Emilia Romagna	666	2,9	2.014	8,8	822	3,6	-	-	-	-	1.287	12,8	-	-	680	17,3	-	-	-	-	-	-	10.044	100,0	
Toscana	-	-	2.793	27,8	990	9,9	-	-	-	-	-	-	-	-	3.231	67,4	-	-	-	-	-	-	4.793	100,0	
Umbria	92	2,3	3.157	80,4	-	-	-	-	523	10,9	-	-	-	-	20.661	64,4	-	-	-	-	-	-	31.461	100,0	
Marche	64	1,3	975	20,3	-	-	-	-	-	-	5.037	16,0	2.030	6,5	5.213	73,6	-	-	492	1,6	-	-	7.086	100,0	
Lazio	274	0,9	2.156	6,9	191	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	5.817	36,7	-	-	-	-	-	-	1.582	100,0	
Abruzzo	-	-	1.873	26,4	-	-	-	-	-	-	337	21,3	-	-	581	36,7	-	-	-	-	-	-	328	20,7	
Molise	-	-	386	21,2	-	-	-	-	-	-	1.987	15,5	-	-	8.639	67,2	-	-	-	-	-	-	-	12.849	100,0
Campania	779	6,1	1.083	8,4	361	2,8	-	-	-	-	3.990	10,6	688	5,0	7.410	56,8	-	-	-	-	-	-	13.755	100,0	
Puglia	-	-	1.453	10,6	214	1,6	-	-	-	-	3.590	26,1	-	-	279	11,8	-	-	-	-	-	-	2.371	100,0	
Basilicata	230	9,7	1.862	78,5	-	-	-	-	137	2,1	-	-	-	-	6.368	96,8	-	-	399	2,1	-	-	6.478	100,0	
Calabria	-	-	73	1,1	-	-	-	-	1.465	9,1	993	6,2	172	1,1	2.228	64,6	-	-	-	-	-	-	16.031	100,0	
Sicilia	243	1,5	2.285	14,3	178	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	2.228	90,7	-	-	-	-	-	-	2.457	100,0	
Sardegna	61	2,5	168	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2457	100,0	
ITALIA	3.465	1,1	62.854	19,7	4.176	1,3	1.012	0,3	8.352	2,6	47.251	14,8	10.978	3,4	168.650	53,0	66	0,0	11.227	3,5	-	-	318.359	100,0	

(Allegato 7: Tabelle estratte dal Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero (Lungo-degenza), elaborato dalla Direzione Generale della Programmazione sanitaria (Ufficio 6), pp.123-124).

Tavola 2.3.3 - Distribuzione delle dimissioni per regione e tipo istituto - Attività di Lungodegenza - Anno 2016

REGIONE	Aziende ospedaliere		Ospedali a gestione diretta		Policlinici universitari pubblici		Policlinici universitari privati		I.R.C.C.S. pubblici e fondaz. pub.		I.R.C.C.S. privati e fondaz. priv.		Ospedali classificati		Case di cura private accreditate		Case di cura private non accreditate		Istituti qualificati pre-2016 USL		Enti di ricerca		Totale				
	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%	dimissioni	%			
Piemonte	480	4,7	3.714	36,3	64	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.759	56,2	-	-	225	2,2	-	-	10.242	100,0		
Valle d'Aosta	-	-	232	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.773	67,2	-	-	-	-	-	-	232	100,0	
Lombardia	-	-	1.802	32,1	-	-	-	-	-	-	24	0,4	12	0,2	-	-	1.114	59,5	19	1,0	-	-	-	-	5.611	100,0	
P.A. Bolzano	-	-	740	39,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.794	85,8	-	-	-	-	-	-	1.873	100,0		
P.A. Trento	-	-	104	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	357	11,0	-	-	609	7,4	-	-	-	-	-	-	3.255	100,0	
Veneto	-	-	7.132	87,0	187	2,3	-	-	-	-	-	-	272	3,3	-	-	58	3,2	-	-	-	-	-	-	8.200	100,0	
Friuli V.G.	-	-	1.775	96,8	-	-	-	-	-	-	-	-	396	10,6	-	-	34	0,9	-	-	-	-	-	-	1.833	100,0	
Liguria	-	-	2.492	66,6	-	-	-	-	819	21,9	-	-	-	-	-	-	13.094	40,0	430	1,3	-	-	-	-	3.741	100,0	
Emilia Romagna	876	2,7	15.363	47,0	2.945	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.987	98,2	-	-	-	-	-	-	32.708	100,0		
Toscana	-	-	36	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.023	100,0	
Umbria	1.059	75,6	342	24,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.401	100,0	
Marche	474	7,8	4.049	66,2	-	-	-	-	453	7,4	-	-	-	-	-	1.139	18,6	-	-	-	-	-	-	-	6.115	100,0	
Lazio	-	-	318	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.155	95,1	-	-	-	-	-	-	-	6.473	100,0	
Abruzzo	-	-	2.309	88,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	303	11,6	-	-	-	-	-	-	-	2.612	100,0	
Molise	-	-	533	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	533	100,0	
Campania	198	2,1	488	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.589	97,6	-	-	-	-	-	-	-	9.275	100,0	
Puglia	-	-	1.310	72,3	-	-	-	-	-	-	-	-	502	27,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.812	100,0
Basilicata	-	-	134	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134	100,0
Calabria	-	-	864	44,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.061	55,1	-	-	-	-	-	-	-	-	1.925	100,0
Sicilia	626	20,7	1.226	40,6	67	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.021	33,8	-	-	-	-	-	-	-	3.023	100,0	
Sardegna	-	-	297	16,8	565	31,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	911	51,4	-	-	-	-	-	-	-	-	1.773	100,0
ITALIA	3.713	3,5	45.260	43,2	3.828	3,7	-	-	1.272	1,2	24	0,0	1.539	1,5	48.401	46,2	449	0,4	308	0,3	-	-	-	-	104.794	100,0	

Sono riportati i dati complessivi per Regime ordinario e Regime diurno.

(Allegato 7: Tabelle estratte dal Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero (Lungo-degenza), elaborato dalla Direzione Generale della Programmazione sanitaria (Ufficio 6), p.125).

Tavola 2.3.4 - Distribuzione delle dimissioni e delle giornate per regione e per regime di ricovero - Attività di Riabilitazione e Lungodegenza - Anno 2016

REGIONE	RIABILITAZIONE				GIORNATE / ACCESSI				LUNGODEGENZA	
	DIMISSIONI		Regime diurno		Regime ordinario		Regime diurno		DIMISSIONI	GIORNATE
	Regime ordinario numero	%	numero	%	numero	%	numero	%		
Piemonte	35.298	94,5	2.037	5,5	973.761	97,5	24.841	2,5	10.242	361.024
Valle d'Aosta	1.140	100,0	-	-	21.205	100,0	-	-	232	5.525
Lombardia	95.891	97,3	2.683	2,7	2.297.363	99,1	20.295	0,9	5.611	151.038
P.A. Bolzano	3.890	95,2	198	4,8	84.038	98,3	1.435	1,7	1.873	39.253
P.A. Trento	5.797	91,6	535	8,4	114.937	94,1	7.176	5,9	3.255	92.262
Veneto	27.714	88,2	3.706	11,8	655.413	92,6	52.198	7,4	8.200	222.301
Friuli V.G.	2.802	95,9	119	4,1	78.427	98,7	1.050	1,3	1.833	46.535
Liguria	10.245	91,6	936	8,4	201.716	95,4	9.813	4,6	3.741	71.220
Emilia Romagna	22.766	85,0	4.030	15,0	582.083	92,2	49.303	7,8	32.708	886.588
Toscana	10.044	92,8	775	7,2	225.729	96,2	8.838	3,8	2.023	50.571
Umbria	3.929	88,3	523	11,7	99.406	91,1	9.745	8,9	1.401	14.622
Marche	4.793	96,0	201	4,0	142.769	99,2	1.079	0,8	6.115	137.242
Lazio	31.461	84,4	5.796	15,6	941.220	87,7	131.961	12,3	6.473	246.729
Abruzzo	7.086	98,9	82	1,1	161.247	99,3	1.094	0,7	2.612	44.542
Molise	1.582	86,4	248	13,6	46.202	93,0	3.486	7,0	533	11.627
Campania	12.849	75,9	4.086	24,1	426.042	85,5	72.265	14,5	9.275	309.875
Puglia	13.755	92,3	1.143	7,7	366.021	97,8	8.212	2,2	1.812	34.672
Basilicata	2.371	91,3	225	8,7	77.367	95,8	3.430	4,2	134	4.544
Calabria	7.232	88,2	970	11,8	211.154	93,5	14.611	6,5	2.102	49.219
Sicilia	16.011	84,7	2.901	15,3	483.834	92,2	40.761	7,8	3.023	72.547
Sardegna	2.457	76,4	761	23,6	54.091	84,3	10.070	15,7	1.773	41.555
<b>ITALIA</b>	<b>319.113</b>	<b>90,9</b>	<b>31.955</b>	<b>9,1</b>	<b>8.244.025</b>	<b>94,6</b>	<b>471.663</b>	<b>5,4</b>	<b>104.971</b>	<b>2.893.491</b>

La voce "Lungodegenza" comprende le dimissioni in Regime ordinario e Regime diurno.

(Allegato 7: Tabelle estratte dal Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero (Lungo-degenza), elaborato dalla Direzione Generale della Programmazione sanitaria (Ufficio 6), p.126).

Tavola 2.3.5 - Distribuzione delle dimissioni per regione, regime di ricovero e durata della degenza - Attività di Riabilitazione - Anno 2016

REGIONE	REGIME ORDINARIO						REGIME DIURNO			TOTALE ATTIVITÀ		
	Degenza entro 60 giorni		Degenza oltre 60 giorni		Totale		dimissioni	% su tot. attività	dimissioni	% su tot. attività	dimissioni	% su tot. attività
	dimissioni	% su tot. R.O.	dimissioni	% su tot. R.O.	dimissioni	% su tot. R.O.						
Piemonte	33.865	95,9	1.433	4,1	35.298	94,5	2.037	5,5	37.335	100,0		
Valle d'Aosta	1.137	99,7	3	0,3	1.140	100,0	-	-	1.140	100,0		
Lombardia	92.483	96,4	3.408	3,6	95.891	97,3	2.683	2,7	98.574	100,0		
P.A. Bolzano	3.823	98,3	67	1,7	3.890	95,2	198	4,8	4.088	100,0		
P.A. Trento	5.702	98,4	95	1,6	5.797	91,6	535	8,4	6.332	100,0		
Veneto	26.532	95,7	1.182	4,3	27.714	88,2	3.706	11,8	31.420	100,0		
Friuli V.G.	2.564	91,5	238	8,5	2.802	95,9	119	4,1	2.921	100,0		
Liguria	9.949	97,1	296	2,9	10.245	91,6	936	8,4	11.181	100,0		
Emilia Romagna	21.170	93,0	1.596	7,0	22.766	85,0	4.030	15,0	26.796	100,0		
Toscana	9.665	96,2	379	3,8	10.044	92,8	775	7,2	10.819	100,0		
Umbria	3.744	95,3	185	4,7	3.929	88,3	523	11,7	4.452	100,0		
Marche	4.447	92,8	346	7,2	4.793	96,0	201	4,0	4.994	100,0		
Lazio	30.069	95,6	1.392	4,4	31.461	84,4	5.796	15,6	37.257	100,0		
Abruzzo	6.990	98,6	96	1,4	7.086	98,9	82	1,1	7.168	100,0		
Molise	1.458	92,2	124	7,8	1.582	86,4	248	13,6	1.830	100,0		
Campania	11.821	92,0	1.028	8,0	12.849	75,9	4.086	24,1	16.935	100,0		
Puglia	13.314	96,8	441	3,2	13.755	92,3	1.143	7,7	14.898	100,0		
Basilicata	2.307	97,3	64	2,7	2.371	91,3	225	8,7	2.596	100,0		
Calabria	6.859	94,8	373	5,2	7.232	88,2	970	11,8	8.202	100,0		
Sicilia	14.791	92,4	1.220	7,6	16.011	84,7	2.901	15,3	18.912	100,0		
Sardegna	2.311	94,1	146	5,9	2.457	76,4	761	23,6	3.218	100,0		
<b>ITALIA</b>	<b>305.001</b>	<b>95,6</b>	<b>14.112</b>	<b>4,4</b>	<b>319.113</b>	<b>90,9</b>	<b>31.955</b>	<b>9,1</b>	<b>351.068</b>	<b>100,0</b>		

(Allegato 7: Tabelle estratte dal Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero (Lungo-degenza), elaborato dalla Direzione Generale della Programmazione sanitaria (Ufficio 6), p.127).

## Regione Piemonte - Anno 2016

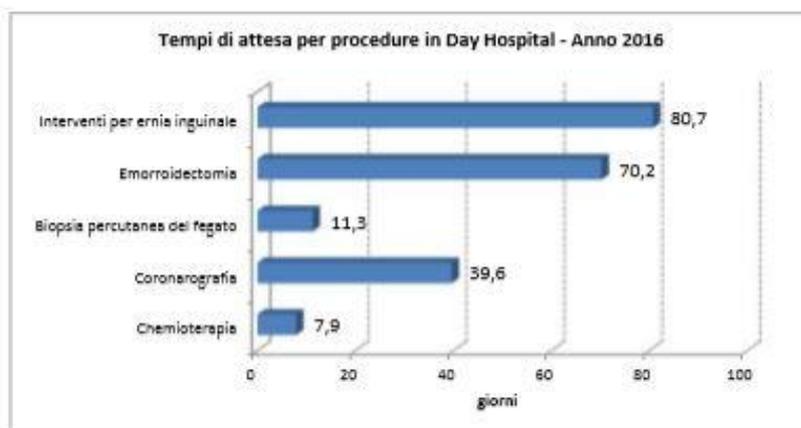
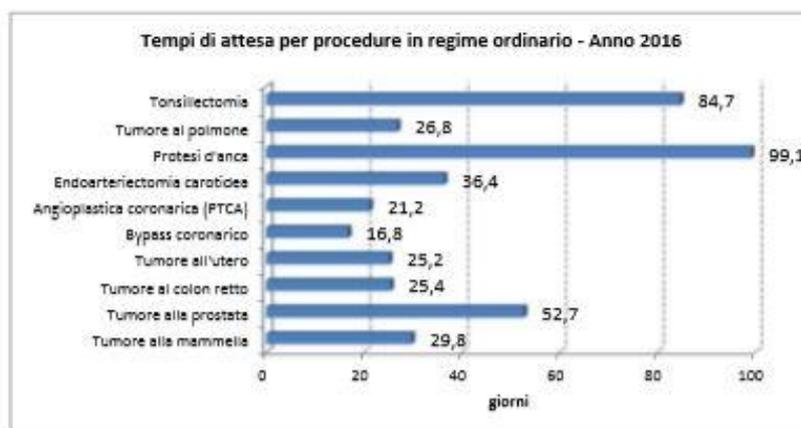
	Dimissioni (a)	Tasso osp. std. (per 1.000 ab.) (b)
<b>Attività per Acuti</b>	<b>561.471</b>	<b>117,03</b>
Regime ordinario	438.298	89,42
Day Hospital	123.173	27,61
<b>Attività di Riabilitazione</b>	<b>37.335</b>	<b>6,51</b>
Regime ordinario	35.298	6,08
Day Hospital	2.037	0,43
<b>Attività di Lungodegenza</b>	<b>10.242</b>	<b>1,61</b>
Regime ordinario	10.242	1,61
<b>Totale</b>	<b>609.048</b>	<b>125,15</b>
Regime ordinario	483.838	97,11
Day Hospital	125.210	28,04

(a) Dimissioni effettuate dalle strutture ospedaliere nella Regione Piemonte.

(b) Ricoveri di residenti nella Regione Piemonte, ovunque effettuati in Italia.

Il Tasso di ospedalizzazione è standardizzato per età e sesso rispetto alla popolazione italiana del Censimento 2001.

DEG.MEDIA (giorni)	6,85
DEG.MEDIANA(giorni)	4
DEG. MEDIA STD PER CASE MIX (giorni)	7,15
DEG.MEDIA PREOPERATORIA(giorni)	1,26



(Allegato 7: Tabelle estratte dal Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero, SDO Regione Piemonte 2016).



## 18. RINGRAZIAMENTI

Volevo ringraziare innanzitutto la Professoressa Anna Osello, la Professoressa Antonia Teresa Spanò e Matteo Del Giudice, per avermi saputo infondere la passione per queste due materie, ormai sempre più rilevanti (se non indispensabili) nell'ambito architettonico professionale.

Le ringrazio inoltre per la gentilezza e la pazienza che hanno dimostrato nei miei confronti durante questi mesi.

Ringrazio inoltre tutta la mia famiglia e i miei compagni di studio (e sofferenze) per avermi supportato e spronato in tutti questi anni; senza il loro aiuto di sicuro non avrei mai potuto farcela.

Grazie!