

## MORPHOMETRIC SURVEY OF MEDIEVAL SETTLEMENTS

### RILIEVO MORFOMETRICO DEGLI INSEDIAMENTI MEDIEVALI

*Angela Bonafiglia<sup>1</sup>; Raffaele Catuogno<sup>2</sup>*

*DiARC Dipartimento di architettura / Università degli Studi di Napoli Federico II<sup>12</sup>*

#### **ABSTRACT**

*The Italian territory is hampered by a dense network of medieval settlements of high landscape and architecture value, totally abandoned or abandonment, representing an important cultural and economic resource. Action to ensure the conservation and use of a historical heritage as complex presupposes adequate historical analysis and socio-cultural and as many knowledge of the complexity of landscape, urban, architectural and material stratified in time. The study presented has set to investigate this last appearance, identifying survey methods expeditious and low-cost that allow to act safely even in statically and morphologically unfavorable that characterize many of these centers, in order to close the observed lack of adequate documentation for the morphometric analysis of the settlements and their complexity. The site chosen for the experiment is Pietramelara, a medieval settlements of Campania, having the characteristics and the critical votes to search. Techniques were used to survey land and aerial (UAV) and open source software.*

#### **Keywords**

*Medieval settlements, encastlement, uav, image based modeling, range based modeling.*

## 1. INTRODUZIONE

Gli insediamenti medievali caratterizzano fortemente il territorio italiano costituendo una parte molto cospicua del patrimonio edilizio esistente, siano essi il nucleo originario di grandi città, nelle quali la traccia degli elementi caratterizzanti resiste alla modernità, o centri storici minori. In particolare, questi ultimi, a partire dagli anni cinquanta, stanno subendo un graduale spopolamento che ne determina l'abbandono con il conseguente declino, per motivi storici o naturali connotando i cosiddetti "borghi fantasma", ovvero, luoghi vuoti, silenziosi e decadenti in cui la vita sembra essersi fermata all'improvviso. Il fenomeno dello spopolamento è ancora in corso e investe maggiormente i piccoli centri; considerando questo aspetto, oltre alle canoniche classificazioni dei borghi per tipologia di impianto è utile operare anche un'ulteriore classificazione, distinguendo borghi completamente abbandonati, borghi parzialmente abbandonati, borghi abbandonati con fondazione di un nuovo centro e borghi abitati.

La forte valenza storica, culturale, paesistica e architettonica dei borghi, unitamente al ridursi delle aree edificabili ed al riconoscimento delle potenzialità attrattive di questi luoghi avvolti dal fascino e dal mistero conferitogli nel tempo dalle stratificazioni, ha fatto accrescere la consapevolezza e la rilevanza della loro valorizzazione, comportando una maggiore sensibilità al tema della conservazione e fruizione. Intervenire su questo patrimonio fortemente diversificato a causa della geografia ubicazionale e dei diversi processi di antropizzazione comporta attente e complesse analisi.

Il modello di indagine presentato si propone quale procedura di riferimento iterabile in diversi scenari, costituendo di fatto un modello operativo codificato e parametrico per l'acquisizione di informazioni utili al recupero e alla modificazione degli spazi antropici proponendo una metodologia di analisi e di rilievo di questi insediamenti caratterizzati da architetture formalmente molto semplici che nel loro insieme danno un carattere quasi unico agli spazi pubblici e collettivi che si sono venuti a formare nei secoli dalle sovrapposizioni di innumerevoli interventi edilizi. Un tessuto spontaneo, cresciuto a partire da un impianto medievale che ha modificato il paesaggio utilizzandone gli stessi materiali e colori, un inserimento consolidato dal tempo che li ha resi un tutt'uno armonico. Obiettivo primario è la possibilità di individuare prassi operative di tipo speditivo e low-cost che permettano di agire in sicurezza in condizioni staticamente e morfologicamente sfavorevoli che caratterizzano gran parte di questi borghi, per poter colmare la riscontrata assenza di adeguata documentazione per l'analisi morfometrica degli insediamenti e della loro complessità, verificando di volta in volta il rapporto tra singolo manufatto e insieme, tra l'architettura e il suo contesto, tra parte urbana e complesso paesaggistico su più orizzonti tematici di tipo fisico/paesaggistico e fisico/costruttivo, di tipo morfologico e funzionale, di tipo economico/produttivo, collocati nel più ampio quadro socioculturale.

In ragione di quanto esposto il presente contributo espone le ricerche e le operazioni di rilievo condotte e ancora in itinere sui borghi incastellati di un'area della Campania considerata come area campione per l'elevata concentrazione e diversificazione delle tipologie di insediamento presenti, spaziando dall'impianto a fuso lineare all'impianto focalizzato avvolgente con varianti a ventaglio, dall'impianto radiale a quello indifferenziato o sparso. La

sceita di identificare come modello di indagine i borghi incastellati, ovvero quegli insediamenti formati nell'alto medioevo e fino all'XI secolo, soprattutto per iniziativa feudale, in posizione collinare con funzione difensiva, risiede nell'analisi delle specificità di impianto e conformazione caratterizzata da un tessuto compatto con edifici addossati, la presenza di "case ad arco", angiporti, "case a muro" che utilizzano come sostegno le mura difensive, dal sistema viario quasi esclusivamente pedonale con scalinate e cordone nonch  per gli aspetti percettivi ed ambientali con i quali questi insediamenti si impongono sul territorio, avendo la peculiarit  di essere ben riconoscibili da lontano per il profilo di mura, castelli, torri, dongioni, tetti e guglie, connotandosi come identit  autonoma inserita in un particolare paesaggio che si sintetizza come simbolo collettivo in cui si identificano i cittadini.

## 2. IL BORGO DI PIETRAMELARA

L'abitato di Pietramelara si estende per una superficie di 23 kmq, circa 40 km a nord di Caserta, nella piana alle pendici del Montemaggiore che   la cima pi  alta della catena dei monti Trebulani il cui nome deriva da quello dell'antica citt  di Trebula, colonia romana del III-II secolo a.C. che era insediata proprio in questi monti. Si tratta di un'area particolarmente interessante dal punto di vista storico-archeologico, caratterizzata da presenze antropiche sin dall'et  sannitica, come testimoniato dai numerosi rinvenimenti di mura megalitiche, necropoli, cisterne ed edifici romani in opus incertum e reticulatum.



Figura 1. Pietramelara, veduta del borgo da via Pantano

Il Montemaggiore riconosciuto come sito di importanza comunitaria (SIC) fa da quinta al borgo medievale che costituisce il nucleo attorno al quale si   sviluppata la cittadina. L'insediamento originario sorge in posizione isolata e rialzata rispetto alla piana, su uno sperone di roccia calcarea, non   certa l'epoca di fondazione ma, sicuramente l'ubicazione sopraelevata con la presenza di una torre e del castrum o castellum sono elementi del modus costruendi dell'alto medioevo secondo il tipico fenomeno dell'"incastellamento", che portava gli abitanti dapprima sparsi in casali e masserie a riunirsi in un unico castello costruito in modo da

sfruttare la conformazione del territorio per scopi difensivi e di controllo. La fondazione è quindi, probabilmente, longobarda anche in ragione del ritrovamento di una pargamena che è il rogito dei principi di Capua, Landolfo ed Atenolfo che nel 928 offrono al monastero di Montecassino parte del territorio di "Petra Mellaria" abitanti inclusi (Ricciardi, A. 1891). Questo documento del 928 è quello più antico attestante la presenza di un gastaldo individuato con il toponimo di Petra Mellaria, altre testimonianze documentate sono del 1117, quando l'Abate di Montecassino, Gerardo, conferì al convento di S. Giovanni Battista delle Monache di Capua i possedimenti del Monastero Benedettino di Teano ubicati nel territorio di Pietramelara e nei castelli di Roccaromana e S. Felice, poi vi è la bolla di Celestino III del 1193 nella quale si confermano al vescovo Teodino i confini della diocesi di Teano, altre menzioni dell'insediamento si trovano nei Registri della Cancelleria Angioina (1265-1281) e ancora altro documento è il *Catalogus Baronum* (1167 – 1188) che testimonia l'esistenza di Pietramelara annessa alla Baronia di Roccaromana, sotto il feudatario in capite Andrea de Rocca Romana fino al 1348 quando, a seguito della congiura dei Baroni contro Andrea d' Ungheria marito della regina di Napoli Giovanna d' Angiò, il feudo venne concesso a Eduardo Colonna, conte di Alba e di Celano, per successione passò poi a Giovannella Celano che portò il feudo in dote alla famiglia Monforte che durante l'avanzata di Carlo VIII di Francia innalzò lo stendardo francese pertanto, dopo la sconfitta di Carlo a Fornovo nel 1495, Napoli tornò sotto Ferdinando II di Aragona che dovette riconquistare i feudi e tra questi il borgo di Pietramelara che nel 1496 fu saccheggiato ed assediato dalle truppe aragonesi e veneziane guidate da Fabrizio Colonna, l'esercito aprì una breccia nelle mura e risalì il borgo sino alla torre privando quest'ultima del coronamento e incendiando il palazzo fortificato dei Monforte (Sanuto, M. 1879). A causa dell'assenza di documenti e carte storiche non è possibile ricostruire con esattezza la topografia originaria del borgo e le diverse fasi di espansione, le prime carte in cui troviamo una rappresentazione del borgo sono del seicento, fra queste, la carta della diocesi di Teano del 1635 fatta realizzare dal vescovo di Teano Giovanni de Guevara nella quale si evince il borgo cinto da mura. Il nucleo originale risalente al periodo alto-medievale era costituito da una torre ed una casa fortificata (*castrum*) con una prima cinta muraria nella quale vi era la piazza e i primi nuclei abitativi, successivamente in epoca normanna va a configurarsi l'attuale impianto urbanistico a metà tra lo schema focalizzato avvolgente con torre apicale e lo schema radiocentrico caratterizzato da due strade principali anulari e concentriche e un sistema viario secondario a raggiera con isolati impostati su lotti gotici della larghezza di 4 o 5 metri con caratteristica abitazione urbana medievale con tipologia a schiera, stretta nell'affaccio sulla strada ed allungata nella profondità, con bottega o laboratorio al piano terreno e residenza ai piani superiori, con un orto retrostante che consentiva alla famiglia cittadina di coltivare vegetali ed allevare animali da cortile a scopo alimentare. La cinta muraria era intervallata da 15 torri circolari senza scarpa ancora oggi riconoscibili. La torre oggi alta 15,40 metri, ha pianta quadrata con lato di 9 metri ed è caratterizzata da una muratura dello spessore di 2,20 metri, trattasi di muratura a corsi con zeppe con prevalenza di bozze a nucleo costipato rafforzata negli angoli con un'alternanza di blocchi lapidei sagomati. L'accesso è oggi possibile da una porta sul fronte est caratterizzato dalla presenza di una

finestra e dalla presenza di tracce di mensoloni in piperno che segnano l'apertura originale, i fronti a sud ed ovest presentano due finestre mentre il fronte a nord ne presenta una, tutte caratterizzate da ornati in tufo grigio. Originariamente la torre doveva essere molto più alta con coronamento in sommità danneggiato nel 1496, nel 1800 presentava una copertura a due falde e venne adibita a torre colombaia, nel 1965 fu ancora troncata e ridotta all'attuale altezza, alla fine degli anni settanta furono ricostruite le scale e la terrazza superiore venne adibita a belvedere.

A causa dell'incremento demografico il borgo in epoca angioina e successivamente aragonese fu ampliato dapprima entro il primo anello con la realizzazione di sopraelevazioni e numerose "case ad arco" che determinarono il configurarsi del caratteristico angioino e successivamente con una seconda cinta muraria in cui l'edificato si è sviluppato a partire dalle mura della prima cinta talvolta inglobandole completamente. Elementi che rendono evidenti le aggiunte quattrocentesche sono la presenza di archi catalani all'ingresso e di una bifora con cornice in piperno. L'accesso al borgo avviene mediante un'unica porta caratterizzata da un arco ribassato e non è ben chiaro se ve ne fossero state altre.

L'osservazione dell'abitato dall'alto, rivela la forma ovoidale e sottolinea la conservazione del tessuto urbano antico con le proprie caratteristiche formali e costruttive legate al periodo di espansione, è possibile distinguere al centro l'impronta del castellum oggi giardino pensile, circondato da mura e l'adiacente torre, l'originaria cinta muraria che, seppur inglobata nell'edificato, è ancora ben riconoscibile con le sue 15 torri e all'esterno di questa le espansioni successive addossate e concentriche avutesi fino al settecento/ottocento quando l'espansione comincia ad investire la piana intorno al borgo in modo disordinato a partire dagli assi viari principali.



Figura 2. Pietramelara, veduta aerea, 2002

### 3. IL RILIEVO: METODOLOGIE RANGE E IMAGE-BASED

Il borgo medievale di Pietramelara, oggi si trova in uno stato di abbandono e degrado che investe in toto il fulcro e procede velocemente espandendosi a macchia nella parte circostante, è un borgo che necessita di interventi volti al recupero per la conservazione e fruizione. Se per recupero intendiamo azioni volti al tornare in possesso di ciò che è andato perduto, o si sta perdendo, la riacquisizione di una condizione scomparsa, allora questa è un'azione complessa che deve saper coniugare il rispetto dell'esistente (materiali, forme, significati, storia) con le esigenze dei fruitori attuali, tenendo conto delle risorse e delle capacità disponibili, cercando un equilibrio tra le diverse istanze con l'apporto di diverse

discipline, tra queste il rilievo che è sintesi intellettuale e conoscitiva dello stato dei luoghi, in grado di mettere in evidenza un quadro puntuale sulla identità di questi ed è l'anello che lega conoscenza e azione.

Il borgo campione sintetizza tutti gli aspetti che si volevano evidenziare nell'individuazione di una metodologia di rilievo iterabile in tutti gli insediamenti medievali, quali: complessità, concentrazione, tessuto compatto, continuità edificativa, configurazione del sistema stradale (strade strette e ripide senza interruzione - cordionate – slarghi), elementi ricorrenti (torri, mura, angiporti), eterogeneità delle tessiture murarie, problematiche legate alla geografia ublcazionale, assenza di documentazione cartografica e planimetrica metricamente corretta, problematiche di abbandono e conservazione, necessità di analizzare l'insediamento a più scale di dettaglio comprendendo aspetti che possono andare dalla configurazione urbana alla stratigrafia storica, ai dati dimensionali e geometrici, giungendo sino alla definizione degli apparati decorativi e degli aspetti percettivi e ambientali.

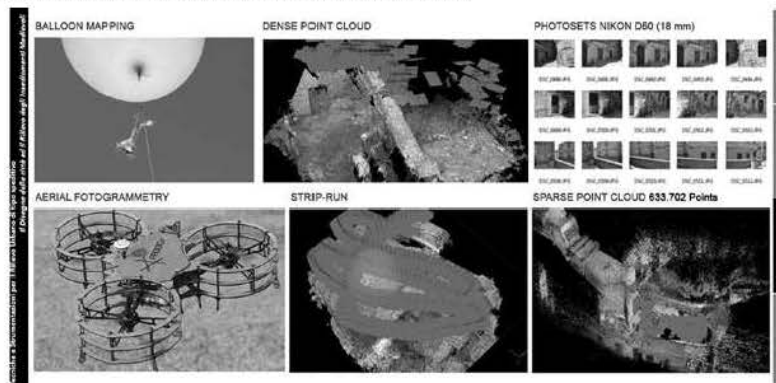


Figura 3. Test tecniche image-based

Le campagne di rilievo condotte nell'estate 2014, hanno visto l'utilizzo di tecniche laser e image based, volte ad rilevamento di tutto il nucleo medievale compreso nella cinta muraria avente una superficie di circa 11 kmq. La prima campagna di rilievo è stata condotta con un laser scanner a modulazione di fase, il FARO Focus 3D S120. Si tratta di un laser scanner a medio raggio di tipo panoramico, avente un sensore con portata di misura della distanza nominale compreso tra 60 cm e 120 metri, con un'accuratezza nella misura della distanza dell'ordine di  $\pm 2$ mm a 25 metri e una risoluzione angolare pari a  $0,009^\circ$ ; Il campo visivo verticale è pari a  $305^\circ$  mentre quello orizzontale è pari a  $360^\circ$  e la velocità di acquisizione è pari a 976.000 punti/sec. Con il laser scanner a partire dalla terrazza della torre sono state necessarie 118 scansioni per rilevare tutta la superficie percorribile sino alla porta di accesso del borgo cercando di calibrare il numero di scansioni in modo da non avere informazioni ridondanti e quindi un eccesso di dati che avrebbero comportato un rallentamento notevole nella gestione degli stessi, sono stati utilizzati quasi esclusivamente sei target sferici, posti di volta in volta, su supporti magnetici fissati nella muratura in modo da permettere agevolmente

Il proseguimento del rilievo in più giorni e avere dei punti fissi stabili da poter rilevare con stazione totale per avere una rete di appoggio per le successive campagne di rilevamento. Il rilievo ottenuto ha mostrato subito le criticità e limitazioni legate alla tipologia di acquisizione dei dati spaziali che la morfologia del luogo ha ancor più evidenziato, ovvero, l'impossibilità di avere informazioni complete circa i sistemi di copertura e le facciate degli edifici addossati non visibili dalle stradine strette, le case voltate e i profferli di accesso alle abitazioni.

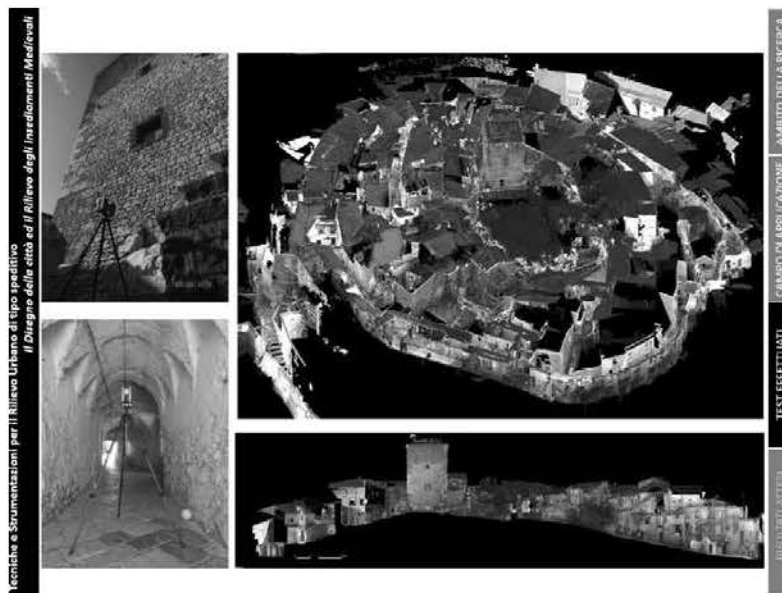


Figura 3. Acquisizione dati range-based

Per colmare le lacune lasciate dal rilievo laser terrestre ci si è avvalsi della fotogrammetria aerea close-range, studiando e sperimentando l'automazione del processo di correlazione di immagini resi possibili dagli innovativi algoritmi di image matching attraverso i quali si giunge in modo speditivo a nuvole fotogrammetriche comparabili a quelle ottenute da acquisizioni mediante sistemi laser. La necessità era quella di ottenere blocchi di immagini nadirali e oblique in modo da avere le informazioni relative alle coperture, alle parti alte delle facciate e in generale delle strutture verticali. L'acquisizione obliqua permette inoltre di migliorare la generazione di modelli tridimensionali e rispetto a sole immagini nadirali, un blocco di immagini oblique ha una configurazione geometrica che lo rende per molti aspetti più simile ad un'acquisizione terrestre con prese convergenti. Per l'acquisizione delle immagini dall'alto nel tentativo di proporre una valida alternativa low-cost, sono stati effettuati test di "balloon mapping", utilizzando un pallone gonfiato ad elio del diametro di circa 80 centimetri e una camera digitale compatta commerciale. Il metodo ha mostrato notevole efficacia seppur con notevoli problematiche legate alla difficile geometria delle prese e ad un overlap non controllabili. Si è poi passati all'utilizzo di un UAV (Unmanned aerial vehicle), in particolare è

stato utilizzato un elicottero coassiale in configurazione Y6 ad elica intubata con flight controller base Naza M V2 con mini OSD e data link a 2,4GHz e 6 motori coassiali DYS 2212 equipaggiato con una GoPro Hero 3 per l'acquisizione delle immagini. Sono stati effettuati due voli uno con camera orizzontale e uno con camera obliqua, con controllo da radiocomando. Il drone è stato alzato in volo dalla torre e ha sorvolato l'area centrale del borgo, completamente abbandonata acquisendo i *dataset* di immagini che sono stati processati con il software Photoscan (Agisoft) e il software open source Visual SFM sviluppato dall'università di Washington. Questi primi voli sono stati indispensabili per comprendere come programmare l'ultima campagna di rilievo che consisterà in due voli pianificati con il software open source Mission Planner in modo da sorvolare tutta l'area di sedime del borgo per l'acquisizione di immagini nadirali e oblique ed ottenere un modello completo del borgo in grado di dare un quadro conoscitivo completo e metricamente esatto. Dal rilievo terrestre è stato possibile estrapolare planimetrie con indicazione delle pavimentazioni e degli attacchi a terra degli edifici e una prima restituzione di alzati e sezioni in grado di chiarire i rapporti che intercorrono tra le diverse quote e lo stato di conservazione delle murature ma, solo con l'integrazione del modello fotogrammetrico aereo la lettura potrà essere esaustiva e completa con la possibilità di avere una planimetria delle coperture e dei profili completi del borgo superando il gap del rilievo tradizionale inadeguato per la conformazione morfologica dei borghi.

#### 4. CONCLUSIONI

Lo studio intende dare un contributo verso la definizione di metodologie e linee guida nel rilevamento degli insediamenti medievali, necessarie per sistematizzare un'attività spesso frammentaria e non guidata da criteri scientifici nella scelta e nell'applicazione delle nuove tecniche e tecnologie; valutare l'affidabilità in termini di precisione e accuratezza dei sensori attivi commerciali affiancati all'utilizzo di software open source. Lo studio, vuole, inoltre, sottolineare la ricchezza di un approccio integrato fra le tecniche di fotogrammetria digitale e del laser scanner al fine di ottenere maggiore accuratezza e leggibilità dei prodotti.

#### BIBLIOGRAFIA

- Angelone, G., (2002), Il feudo di San felice in Terra di lavoro: Testimonianze documentarie e note sulla successione feudale nei secoli XII-XVI, in Terra Filorum Pandulfi a cura di Panarello A., II, Città di Castello.
- Bloch, M. (1986), Montecassino in the Middle Ages, Roma
- Caiazza, D. (1996), Il Sacco di Pietramelara nel 1496, Pietramelara
- Ricciardi, A. (1891), Statuto Municipale di Pietramelara confermato nel sec. XVI all'Università della feudataria Lucrezia Arcamone, Napoli.
- Ricciardi, A. (1892), Pietramelara e la sua distruzione, Napoli.
- Rupnik, E., Nex, F., Remondino F., (2013), Automatic orientation of large blocks of oblique images. Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, vol. 40(1/W1), pp. 299-304, Hanover, Germany.
- Sanuto, M. (1879), Diari di Marino Sanuto, Venezia.