

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

MANDATARIA:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.
Ing. Carlo SILVESTRI

MANDANTI:

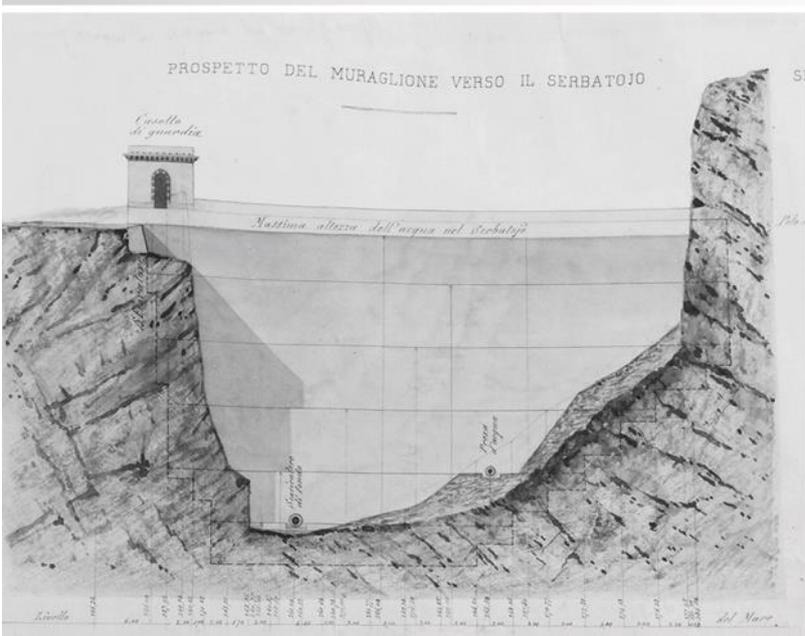
 **TECENTAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

Archeologo N. FADDA



RILIEVI TOPOGRAFICI

Relazione sui Rilievi plano-altimetrici e Rilievi di dettaglio dei manufatti

2020_0275_002_TOP_R001_0



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE
DEL PATRIMONIO COMUNALE

**DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE**

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

0	25.06.2021	Versione iniziale	T. Giannotti	C. Crémer	C. Silvestri
Versione	Data	Modifica	Redatto	Verificato	Approvato

MANDATARIA:

MANDANTI:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.

 **ESSENTIAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

**ARCHEOLOGO
N. FADDA**



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE
DEL PATRIMONIO COMUNALE

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Indice

1	PREMESSA	1
2	RILIEVI LASER SCANNER E FOTOGRAMMETRIA	5
2.1	Rilievo LIDAR DA DRONE	5
2.2	Rilievo LASER SCANNER DEI MANUFATTI	9
2.3	Descrizione degli elaborati grafici di rilievo	10

MANDATARIA:

 **Lombardi**
Lombardi Ingegneria S.r.l.

MANDANTI:

 **FESCENTRAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA



1 PREMESSA

Il rilevamento topografico plano-altimetrico delle aree delle dighe di Bunnari Alto e Basso ed i rilievi topografici di dettaglio dei manufatti della diga Basso sono stati condotti dal Raggruppamento durante l'ultima settimana del mese di maggio 2021.

Nel dettaglio, il rilievo ha compreso le attività seguenti:

1. Rilievo plano-altimetrico delle due aree individuate sulla Figura 1:
 - o l'asse fluviale del torrente Bunnari e le sue sponde fino alla quota di ca. 300mslm, delimitato a monte dalla Diga Alta ed a valle dalla Diga Basso, fino all'edificio della casa filtri, esso compreso. Nella zona della Diga Basso di Bunnari, dove si ubicheranno gli interventi oggetti della progettazione, l'area è stata estesa lateralmente sulla sponda sx fino a comprendere la parte terminale del sentiero di accesso al ponte del secondo sfioratore. L'area si estende per una superficie di ca. 150'000m².

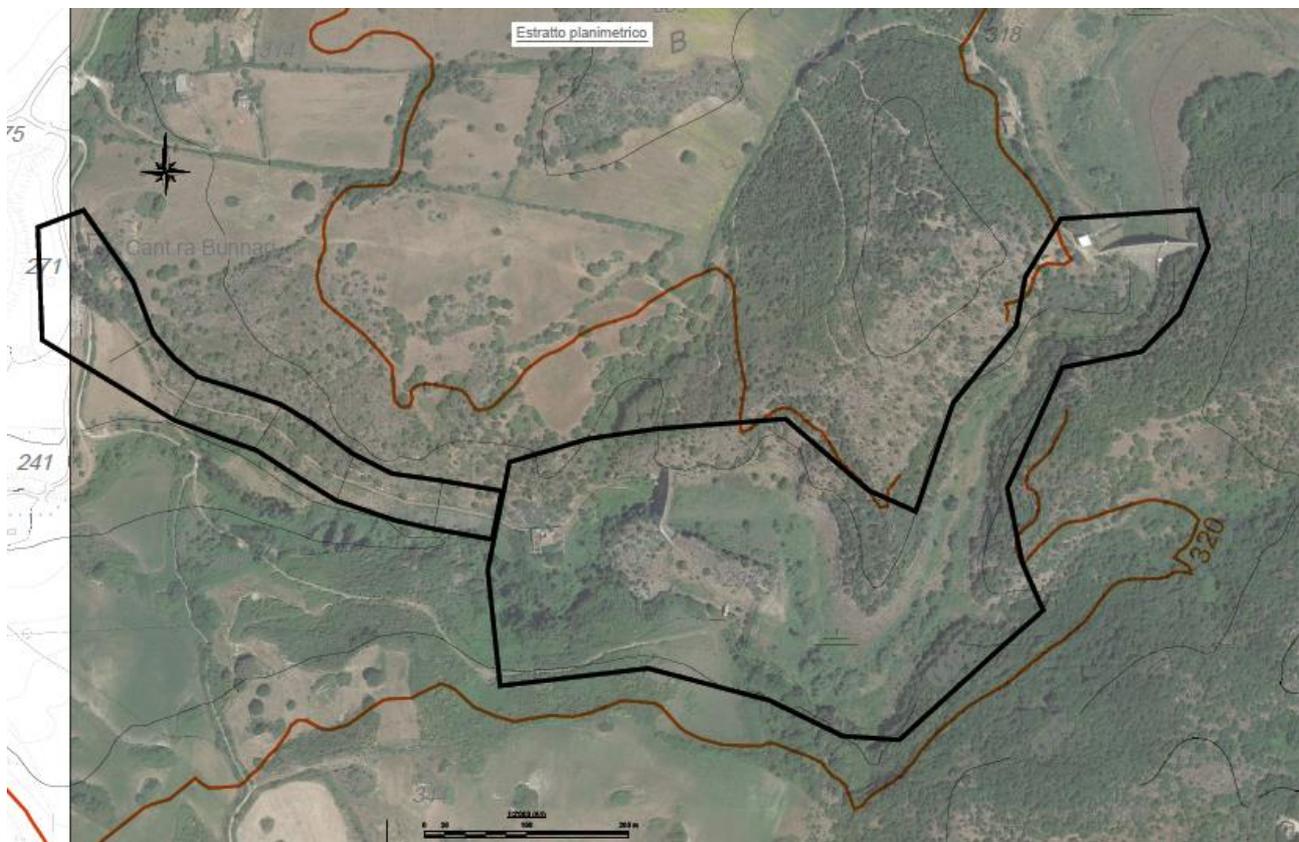


Figura 1 : Area rilevata con Laser Scanner su drone

2. Rilievo di tutti i manufatti inclusi nell'area della Diga di Bunnari Basso. I manufatti principali sono:
 - o Corpo diga Bunnari Basso, inclusi la torre di presa sul paramento di monte e i 3 piccoli manufatti addossati al paramento di valle (manufatto di sbocco dello scarico di fondo della diga Basso, ubicato al piede della diga; 2 manufatti dove sono alloggiati gli organi di regolazione, lato sponda dx);
 - o Manufatto di sbocco dello scarico di fondo della diga alta, ubicato leggermente a valle della diga bassa;
 - o Edificio della casa dei filtri;
 - o 1° sfioratore in sponda sx nel prolungamento dell'asse diga con il ponte;

MANDATARIA:

MANDANTI:



- 2° sfioratore in sponda sx con il canale fuggatore e ponte;
- Tracciato di tutte le condotte presente in quest'area, con misura dei rispettivi diametri;
- Piccolo manufatto (dim. ca. 3x3m) ubicato lungo il sentiero di accesso alla diga (sulla dx arrivando dal bivio)

Per i 4 piccoli manufatti citati (3 manufatti su paramento valle diga + 1 manufatto sul sentiero di accesso) e per l'edificio della casa dei filtri, i rilievi hanno compreso il rilevamento della geometria del manufatto sia dell'esterno che degli spazi interni con conseguente rilievo degli spessori delle colonne, pareti, solai.

L'attività di rilievo è stata eseguita integrando metodologie topografiche con attività laser scanner terrestre e LIDAR da drone. Nello specifico la strumentazione che è stata usata è composta da uno scanner terrestre della FARO modello S70, un sistema LIDAR UAV composto da drone DJI Matrice 600 pro con un LIDAR della Riegl modello Minivux3 dotato di piattaforma inerziale Applanix A14 e macchine fotografiche calibrate della Sony.

Il rilievo plano-altimetrico dell'area delle due dighe Bunnari Basso e Alto è stato realizzato attraverso metodologia LIDAR da Drone e fotogrammetria, mentre i manufatti antropici sono stati rilevati esternamente ed internamente con metodologia Laser scanner terrestre. Il tutto è stato georeferenziato attraverso sistemi topografici e GPS nel sistema cartografico nazionale UTM WGS84.



Figura 2 : Rilievo Lidar da drone dell'area a valle della diga Bunnari Basso



Figura 3 : Rilievo Lidar da drone dell'area completa - Diga Bunnari Alto e Basso compreso il sentiero di accesso alle aree

Nell'area della diga di Bunnari Basso sono concentrati tutti i manufatti che sono stati rilevati con metodologia laser scanner terrestre.

In dettaglio sono stati rilevati: Muraglione della diga Bunnari Basso con i suoi manufatti di regolazione addossati al paramento di valle, Edificio casa Filtri, sbocco della galleria dello scarico di fondo della diga Bunnari Alto che si trova ubicato a valle della diga Bunnari Basso, primo sfioratore e ponte ubicati direttamente sullo sperone roccioso in spalla sinistra idrografica del muraglione, secondo sfioratore, ponte e canale fuggatore ubicati sullo stesso sperone roccioso lateralmente a ca. 100m della diga.

Il risultato finale dei diversi rilievi è un unico modello 3D delle nuvole di punti, correttamente referenziato nel sistema assoluto UTM WGS84, contenente le informazioni geometriche di tutti gli elementi rilevati.



EDIFICI ORGANI DI REGOLAZIONE



EDIFICIO CASA FILTRI



SFIORATORE 2 - PONTE



SCARICO DI FONDO

Figura 4 : Rilievo Laser scanner terrestre dei manufatti



2 RILIEVI LASER SCANNER E FOTOGRAMMETRIA

L'utilizzo della tecnologia Laser Scanner Tridimensionale, abbinata ad un sistema fotogrammetrico da drone, consente di ottenere un rilievo ad altissima densità di informazioni e di evidenziare in sede di elaborazione l'intero stato di fatto difficilmente riscontrabile con le metodologie classiche.

L'utilizzo di modelli digitali tridimensionali, che rappresentino puntualmente la forma e gli elementi cromatici di un sito o più semplicemente di un manufatto, è di fondamentale importanza per la corretta pianificazione ed esecuzione di indagini precise e dettagliate.

In tale contesto è utile affidarsi a strumentazioni che garantiscano un alto grado di precisione ed allo stesso tempo assicurino celerità, incrementando il grado di attendibilità del dato e consentendo la creazione di un database complessivo che supporti le analisi e gli studi più approfonditi.

2.1 RILIEVO LIDAR DA DRONE

L'attività di rilievo è stata svolta con un sensore di acquisizione **LIDAR** montato su un drone della DJI, modello **Matrice 600 pro**. Il Laser invece, è il modello **MINI VUX-3 UAV** della RIEGL. Il sistema è integrato anche da sensoristica come antenna GPS e piattaforma inerziale Applanix.

La società è iscritta come Operatore UAV certificato **ENAC** al n° ITE066QjSi

Il personale tecnico che ha eseguito le operazioni di volo è munito di attestato di pilota APR VL/Mc CRO. L'azienda dispone di una flotta di APR, usati per eseguire fotogrammetria, infrarosso termico, ispezioni e rilievi LIDAR.

L'attività di volo si è svolta in modalità Vlos (a vista) e sono state pianificate ed eseguite n°3 missioni parziali con pianificazione dei voli, al fine di raggiungere la densità di punti adeguata alle restituzioni sul ground. In figura 4.



**FASI DI RILIEVO: STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER EFFETTUARE I VOLI LIDAR
DJI MATRICE 600 PRO CON SENSORE LIDAR DELLA RIEGL MINI VUX 3 E PIATTAFORMA INERZIALE
DELLA APPLANIX MODELLO AP14**

Figura 5 : Lidar da drone

MANDATARIA:

5

Lombardi
Lombardi Ingegneria S.r.l.

MANDANTI:

REGIONAL

Metassociati
architettura ingegneria urbanistica

Lombardi
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA

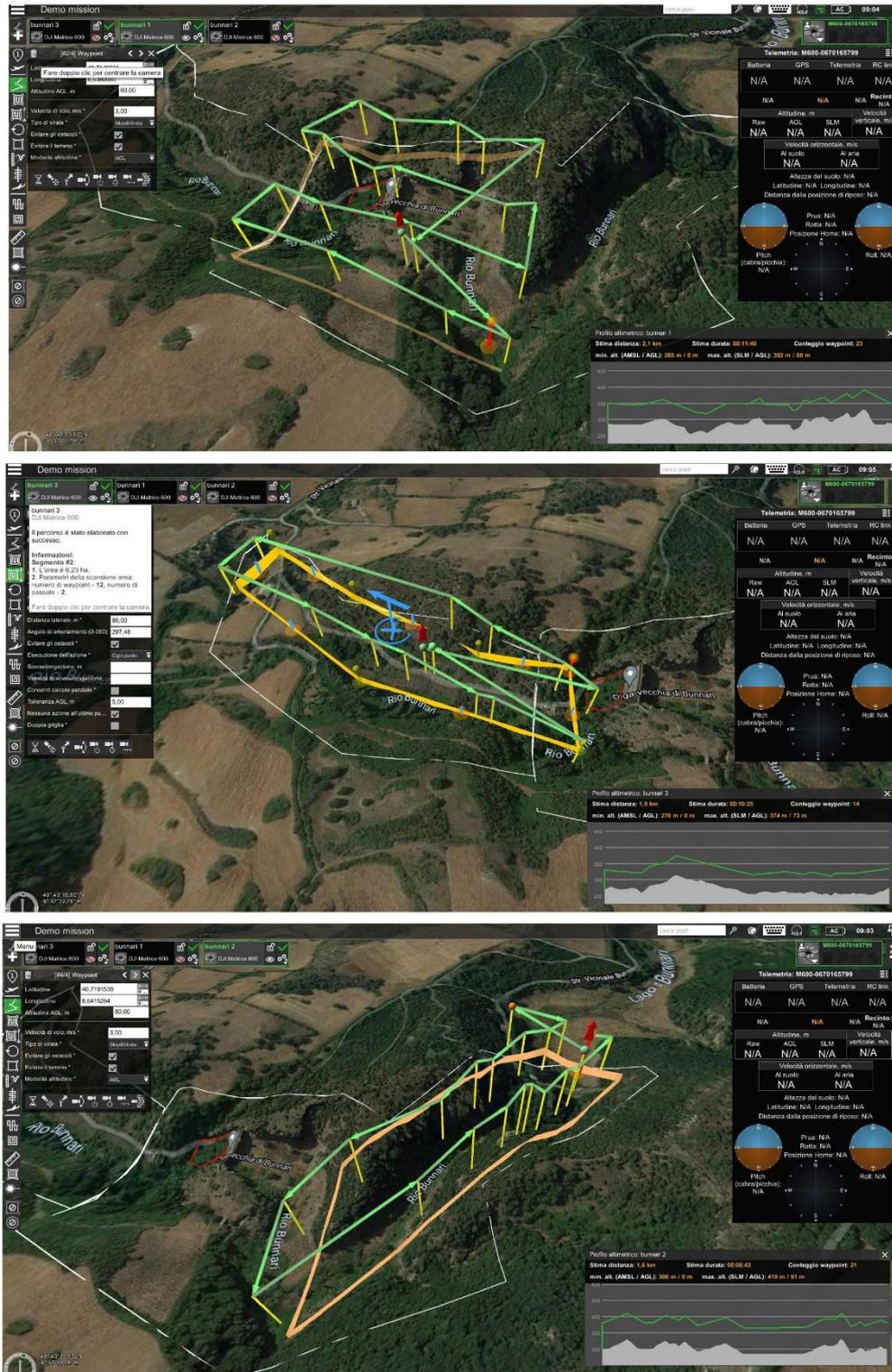


Figura 6 : Lidar da drone - Missioni eseguite (Bunnari Basso, sentiero e Bunnari Alto)



La pianificazione dei voli, ed in particolare la scelta della quota A.G.L., permette di definire al meglio la griglia di acquisizione ed il dettaglio del DTM da ottenere. Con i parametri scelti una precisione di grid di circa 10 cm è stata raggiunta.

L'attività di rilievo richiesta è stata svolta con un sistema integrato "Mobile Mapping da drone", dove il sensore di acquisizione LIDAR è montato su un drone della DJI Matrice 600 pro. Il Laser invece, è il modello MINI VUX-3 UAV della RIEGL.

Il sensore MINI VUX-3 UAV, racchiude tutte le principali caratteristiche che derivano da anni di progettazione e realizzazione di sensori aviotrasportati. Tale sensore infatti permette di misurare un elevato numero di echi di ritorno su ciascun raggio laser emesso per oltrepassare ostacoli che limitano la visibilità, e creare così un ground preciso ed affidabile. Tale tecnologia viene chiamata FULL WAVE FORM ANALISYS.

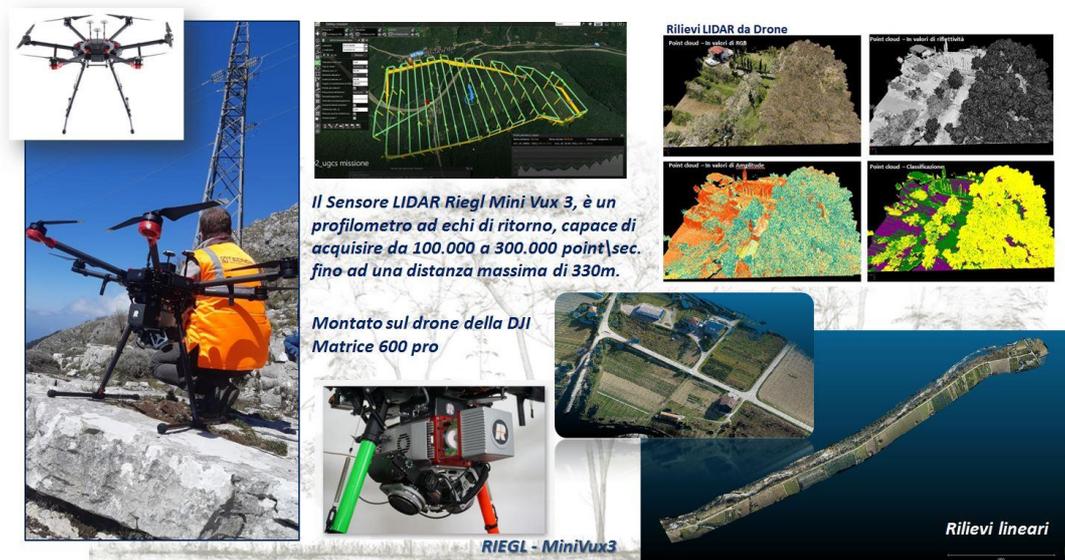


Figura 7 : Sistemi Mobile mapping di acquisizione LIDAR DA DRONE

Si tratta di un sistema di rilevamento integrato, le cui prestazioni globali consentono l'acquisizione di un modello numerico reale costituito da nuvole di punti perfettamente geo referenziate e classificate.

Ogni apparecchiatura costituente la piattaforma (LIDAR, IMU, GPS) acquisisce i dati in maniera indipendente. Successivamente, attraverso software di gestione, si correlano i dati acquisiti con la traiettoria di navigazione del sistema generata dai dati GPS (WGS84). Attraverso l'allineamento dei dati acquisiti sulla traiettoria, si genera la nuvola di punti (point cloud) geo riferita.

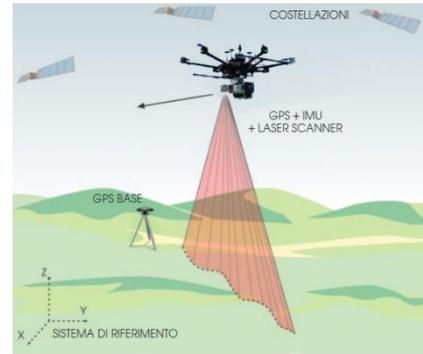
L'utilizzo integrato del sistema laser scanner corredato di fotocamera con ottiche calibrate, permetterà la realizzazione di modelli a nuvole di punti con valori di RGB.



Le nuvole di punti 3D sono poi esportate nei formati di interesse.

La procedura di rilievo LIDAR adottata dalla Scrivente prevede anche:

- l'utilizzo di **stazioni permanenti fisse GPS** posta in prossimità dell'area di indagine;
- il rilievo di specifici **punti di controllo** come pozzetti, cordoli, spigoli, etc.



Attraverso i dati delle stazioni GPS permanenti, posizionate nelle vicinanze del percorso è possibile rettificare la *traiettoria* di calcolo correggendo le latenze di dati GPS (carenza di segnale, variabilità elevata della costellazione disponibile, basso numero di satelliti disponibili, etc.).

La suddetta traiettoria viene ulteriormente tarata, utilizzando *punti di controllo* (come pozzetti, spigoli di basamenti, edifici, etc. ben visibili anche nel rilievo da drone) rilevati con stazione totale o GPS.

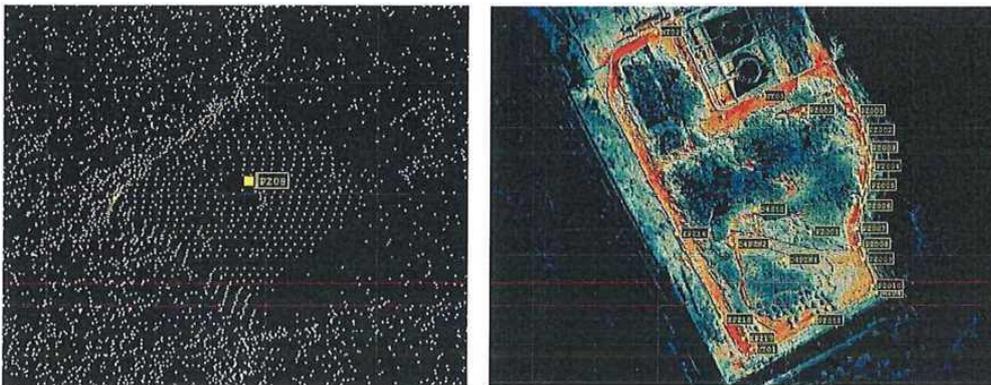
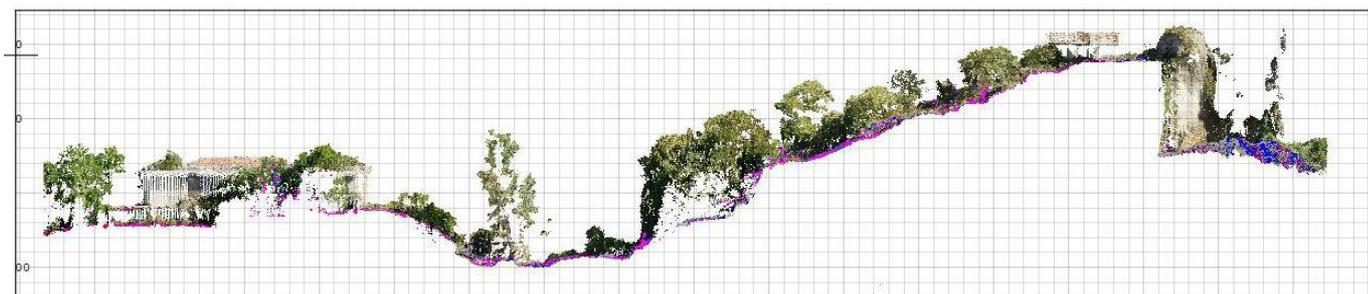


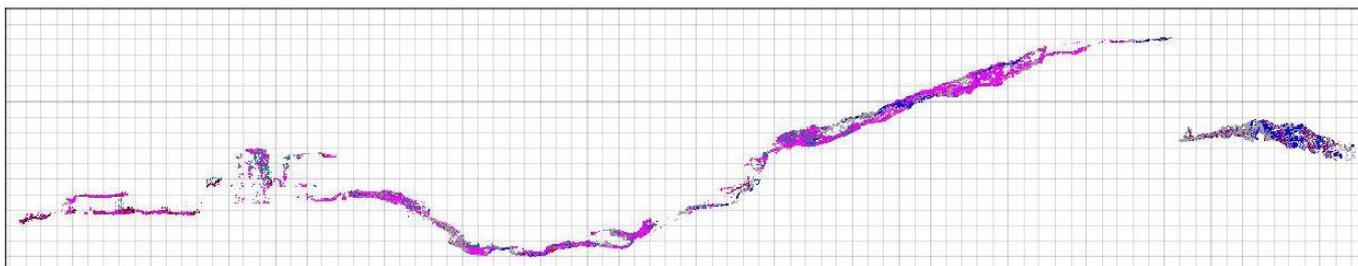
Figura 8 : Materializzazione dei punti di controllo sulle nuvole di punti

Tali procedure, messe in atto dalla Scrivente, serviranno ad aumentare la precisione del posizionamento in modalità cinematica ed ottenere un modello 3d a nuvola di punti con accuratezza centimetrica.

Inoltre, il suddetto sensore è dotato della tecnologia " **FULL WAVE FORM ANALISYS** ", che permette di ottenere un dato denso e ricco di informazioni grazie ad una elevata penetrazione degli ostacoli quali vegetazione, reti, cancelli, etc. Nello specifico tale tecnologia è capace di *filtrare le aree vegetate* ricostruendo fedelmente le porzioni nascoste dal verde, attraverso l'analisi totale della lunghezza d'onda.



MODELLO A NUVOLE DI PUNTI - SEZIONE TIPO DSM



MODELLO A NUVOLE DI PUNTI - SEZIONE TIPO DTM DOPO IL FILTRAGGIO DEGLI ECHI DI RITORNO

Figura 9 : Sezione tipo elaborata per generare il ground

Attraverso i differenti echi di ritorno forniti dallo scanner ed il coefficiente di riflettività del materiale rilevato, si ha la possibilità di classificare il dato ed evidenziare in tempi rapidi elementi del rilievo (terreno, vegetazione, edificato, cavi elettrici, strutture antropiche, edifici, etc.).

I dati acquisiti possono essere in seguito esportati verso i più comuni sistemi GIS/CAD fornendo al committente una vera e propria "banca dati" dell'elemento.

2.2 RILIEVO LASER SCANNER DEI MANUFATTI

Il rilievo geometrico delle strutture è stato effettuato mediante l'utilizzo di scanner laser tridimensionale. I Laser Scanner 3D adottati dalla Scrivente, utilizzano un'avanzata tecnologia, conosciuta come "misura di fase", per misurare distanze dalla stazione di presa alle superfici colpite dal raggio laser.

Il laser scanner terrestre statico di alta precisione che è stato adoperato è il modello "CAM2 Laser Scanner Focus S70" che consente acquisizioni su 360° ed una precisione strumentale di ± 1 mm e l'attribuzione al modello numerico dell'informazione del colore in RGB acquisita con camera digitale integrata.

Precisione strumentale	± 1 mm	
Tasso di acquisizione	1.000.000 punti al secondo	
Densità della nuvola	0.25 mm (verticale) / (orizzontale)	
Campo di vista	360°x 270°	
Massima gittata	70 metri	
Temperatura d'utilizzo	da 0° a 40°C	

Principali caratteristiche strumentali "CAM2 Laser Scanner Focus S70"

MANDATARIA:

MANDANTI:



Durante la fase di rilievo in situ, le singole scansioni sono state vincolate a specifici target dedicati, installati nell'intorno delle strutture e successivamente geo referiti mediante i rilievi topografici e satellitari.

Il risultato finale è un unico modello 3D delle nuvole di punti, correttamente referenziato rispetto ai suddetti target, contenente le informazioni geometriche di tutti gli elementi rilevati.



2.3 DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI DI RILIEVO

I dati digitali acquisiti in campagna sono stati processati attraverso l'utilizzo di software specifici che consentono la gestione in ambiente CAD dell'intero modello.

Le nuvole di punti 3D vengono esportate in formati CAD, al fine di redigere gli elaborati grafici relativi ai rilievi in oggetto.

Nel dettaglio sono state prodotte planimetrie a curve di livello del DTM generato dal filtraggio dei dati LIDAR, e piante prospetti e sezioni dei manufatti rilevati con lo scanner laser terrestre.

Gli elaborati grafici allegati al presente progetto sono i seguenti:

2020_0275_002_TOP_R002	0	Dossier fotografico
2020_0275_002_TOP_D001	0	Generale - Planimetria
2020_0275_002_TOP_D002	0	Generale - Planimetria con isocurve
2020_0275_002_TOP_D003	0	Generale - Planimetria con ortofoto
2020_0275_002_TOP_D004	0	Diga Bunnari Basso - Planimetria



2020_0275_002_TOP_D005	0	Diga Bunnari Basso - Planimetria con isocurve
2020_0275_002_TOP_D006	0	Diga Bunnari Basso - Planimetria con ortofoto
2020_0275_002_TOP_D007	0	Diga Bunnari Basso - Muraglione Diga - Pianta e Prospetti
2020_0275_002_TOP_D008	0	Diga Bunnari Basso - Muraglione Diga - Pianta e Sezioni
2020_0275_002_TOP_D009	0	Diga Bunnari Basso - Sfiatori 1 e 2 - Pianta e Sezioni
2020_0275_002_TOP_D010	0	Diga Bunnari Basso - Manufatti degli organi di regolazione - Pianta e Sezioni
2020_0275_002_TOP_D011	0	Diga Bunnari Basso - Edificio Filtri - Planimetria con ortofoto
2020_0275_002_TOP_D012	0	Diga Bunnari Basso - Edificio Filtri - Prospetti e Sezioni
2020_0275_002_TOP_D013	0	Diga Bunnari Basso - Manufatto d'ingresso - Pianta e Sezioni
2020_0275_002_TOP_D014	0	Dossier fotografico