



COMUNE DI CETRARO



MESSA IN SICUREZZA BACINO E MIGLIORAMENTO FUNZIONALITÀ AREA PORTUALE

Progetto Definitivo

B – RILIEVI ED INDAGINI

B.01

RELAZIONE INDAGINI TOPO-BATIMETRICHE

Data:
29-07-2019

Scala:

PROGETTAZIONE:



Architetto
MICHELE GONINO
Geologo
CATERINA CUCINOTTA

PROJECT MANAGER

ing. Antonino Sutera



PROGETTISTI

ing. Giuseppe Bernardo
arch. Michele Gonino
ing. Massimo Tondello
ing. Pasquale Filicetti
ing. Gianfranco Crudo

GEOLOGO

geol. Caterina Cucinotta

GRUPPO DI LAVORO

ing. Giuseppe Cutrupi
ing. Roberta Chiara De Clario
ing. Stefania Ferlazzo
ing. Simone Fiumara
arch. Francesca Gangemi
arch. Emanuela Panarello
ing. Silvia Beriotto
ing. Nicola Sguotti

REVISIONI	Rev. n°	Data	Motivazione

R.U.P.

Visti/Approvazioni

ing. F. Antonuccio

Codice elaborato:

DNC120_PD_B.01_2019-05-14_R0_Rilievo_CTR.docx

INDICE

1	PREMESSA	2
2	METODOLOGIE	3
2.1	<i>INQUADRAMENTO AREE DI INDAGINE</i>	3
2.2	<i>MOBILITAZIONE</i>	4
2.3	<i>RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO</i>	4
2.4	<i>RILIEVO BATIMETRICO CON SISTEMA MBES</i>	7
2.5	<i>ELABORAZIONE DATI E CARTOGRAFIE</i>	12
3	RISULTATI	14
3.1	<i>RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO, PLANO-ALTIMETRICO E BATIMETRICO</i>	14
4	ALLEGATO I – SCHEDE TECNICHE STRUMENTALI	17
4.1	<i>SISTEMA SAPR – DJI PHANTOM 4</i>	17
4.2	<i>SISTEMA INS APPLANIX</i>	18
4.3	<i>SISTEMA DGPS – TRIMBLE R6</i>	19
4.4	<i>SISTEMA MBES – RESON SEABAT 8125</i>	20
4.5	<i>SOFTWARE DI NAVIGAZIONE</i>	21
4.6	<i>SOFTWARE ELABORAZIONE DATI SAPR</i>	22

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le attività svolte nella campagna di acquisizione di dati planoaltimetrici (SAPR) e batimetrici (Mbes) nel Porto di Cetraro.

I rilievi in campo sono stati eseguiti il 18 e 19 aprile 2019 ed hanno riguardato oltre l'area del porto anche il litorale sopraflutto e sottoflutto ad esso.

Per l'esecuzione del rilievo plano-altimetrico di dettaglio, si è scelto di operare impiegando un sistema aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR) che consente l'esecuzione del rilievo in modo relativamente rapido sorvolando anche aree difficilmente raggiungibili dagli operatori.

Il rilievo batimetrico, è stato eseguito utilizzando un'imbarcazione e un sistema multibeam (MBES) a copertura totale ed alta risoluzione fino alla batimetrica dei -15 m.

Le attività sono state svolte su una superficie complessiva (specchio acqueo + area costiera) di circa 240 Ha impiegando strumentazione ad alta risoluzione e con risoluzione precisione di posizionamento centimetriche.

Il presente elaborato tecnico, nonché tutta gli elaborati tecnici allegati a corredo racchiudono le informazioni relative alle procedure operative e alla strumentazione impiegata.

I dati acquisiti sono stati impiegati per l'elaborazione di:

- 1) Carta topo-batimetrica;
- 2) Carta del Modello Digitale di Elevazione (DEM);
- 3) Ortofoto dell'area georeferenziata.

2 METODOLOGIE

2.1 Inquadramento Aree di Indagine

Sulla base degli obiettivi previsti nel progetto di fattibilità tecnica ed economica e dall'offerta in fase di gara, è stata identificata un'area di indagine rappresentate da un poligono di circa 240 Ha.



Figura 2.1 Area interessata dai rilievi topografici e batimetrici

L'area, compresa all'interno delle coordinate geografiche riportate nella tabella in basso, oltre all'intero porto di Cetraro, in provincia di Cosenza, comprende anche circa 1,5 km di costa a nord e a sud del porto, estesi fino alla isobata dei -10 m per l'indagine batimetrica e per circa 100 m verso l'entroterra per l'indagine topografica.

Tabella 2-1 Coordinate geografiche dei vertici dell'area di indagine

Vertici	Latitudine	Longitudine
A	39°32'16.56" N	015° 54'17.69" E
B	39°32'05.46" N	015° 54'10.01" E
C	39°31'25.97" N	015° 54'46.43" E
D	39°30'49.86" N	015° 55'33.46" E
E	39°30'55.89" N	015° 56'03.85" E

La difficoltà di accesso in alcune zone dell'area di indagine, insieme alla necessità di eseguire un rilievo ad alta definizione, hanno indirizzato verso la scelta di effettuare il rilievo con un sistema drone a pilotaggio remoto, ed elaborazione grafiche finalizzate all'ottenimento di un modello digitale del terreno di dettaglio.

Le indagini Topografiche sono state eseguite avvalendosi di un sistema drone DJI Phantom 4 ed un sistema GPS/GNSS Trimble R6 in modalità RTK con correzione ITALPOS.

Le indagini batimetriche sono state eseguite da mezzo nautico impiegando un ecoscandaglio multibeam (Mbes) ed un sistema di posizionamento e correzione di moto Applanix Pos MV in modalità RTK con correzione ITALPOS.

2.2 Mobilitazione

Le fasi delle operazioni di mobilitazione del personale e attrezzature all'interno del cantiere si possono così riassumere:

- Mobilitazione personale e attrezzature al porto di Cetraro, varo dell'imbarcazione ed inizio delle operazioni di installazione e calibrazione;
- Esecuzione rilievo batimetrico Mbes;
- Esecuzione rilievo SAPR e misurazione dei punti di controllo a terra;
- Demobilitazione e rientro in sede.

Completate le fasi di installazione sono stati effettuati attenti controlli di funzionamento al fine di ottenere l'accuratezza e l'affidabilità dei dati richieste, in accordo con le procedure indicate nel "Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici" emanato dell'Istituto Idrografico della Marina Militare" (IHO, 2016).

2.3 Rilievo plano-altimetrico

2.3.1 Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR)

Per l'esecuzione del rilievo topografico delle aree emerse è stato impiegato un sistema drone APR multirottore (DJI Phantom 4) pilotato da operatore accreditato ENAC.

L'impiego dei droni in topografia consente di creare rappresentazioni di porzioni di territorio riprese dall'alto ottenendo un'immagine (ortofoto), una nuvola di punti e un DSM (Digital Surface Model) con precisioni molto elevate. Il sistema proposto ed utilizzato, non ha sostituito il metodo topografico tradizionale (rilievo celerimetrico con sistema GPS RTK), ma è risultato complementare a quest'ultimo.

Il vantaggio principale nell'utilizzo del sistema APR, si traduce in un importante risparmio di tempo, ma non solo. Tale sistema sfrutta un processo fotogrammetrico, come gli aerei che storicamente sono stati impiegati per la creazione di mappe topografiche. Questi ultimi, però, volando ad alte quote, offrono una precisione relativa. Con lo stesso processo, ma su scala molto più piccola, i droni consentono di acquisire molti più particolari, dando la possibilità di ottenere misure, immagini e nel complesso dati topografici di enorme dettaglio e accuratezza di precisione.

2.3.2 Pianificazione ed esecuzione del volo

Per eseguire rilievi fotogrammetrici con sistemi APR sono necessari vettori capaci di condurre piani di volo prestabiliti in totale autonomia, questo per ottenere rilievi omogenei in termini di velocità e quota di volo.

Il piano di volo per realizzato per l'acquisizione fotogrammetrica dell'area di indagine è stato programmato da una stazione a terra, considerando le caratteristiche focali della fotocamera installata sul drone, la quota di volo e la necessaria sovrapposizione, longitudinale e trasversale, dei fotogrammi. La stazione a terra inviava, con apposita telemetria, il piano di volo all'APR che quindi lo eseguiva, con il supporto dei suoi sistemi avionici, senza alcun intervento diretto del pilota se non in caso di necessità. A tal riguardo, va considerato come ulteriore sistema di sicurezza del drone, anche la possibilità del pilota di interrompere il piano di volo programmato e riportare l'APR in posizione di sicurezza o al suolo.

Il sistema di controllo a terra si compone di un tablet (dove è installato il software di navigazione) e due sistemi di telemetria, uno per i dati del Bios dell'APR in volo e l'altro per i fotogrammi acquisiti. In questo modo la stazione è capace di: controllare da remoto l'APR, visualizzarne la posizione e lo stato dei parametri nonché di ricevere i dati acquisiti.

La georeferenziazione del rilievo nel rispetto delle specifiche tecniche richieste, è stata garantita dal posizionamento di un certo numero di GCP o Ground Control Point, ovvero dei target posizionati al suolo e costruiti appositamente per essere visibili dall'altezza di volo del drone, ai quali mediante misurazione con GPS/GNSS in modalità RTK (tramite correzione NTRIP ItalPos Leica certificato ed impiegato anche per il posizionamento durante le operazioni di rilievo batimetrico), sono state associate posizione e quota corrispondenti. Questi punti, successivamente, sono stati impiegati tramite il software di elaborazione dati per la calibrazione e la restituzione finale di una nuvola di punti, un DSM ed un'ortofoto a definizione e precisione spaziale.



Figura 2.2 Registrazione della posizione e quota dei GDP

RELAZIONE INDAGINI TOPO-BATIMETRICHE

Il primo passo, consiste in un'analisi dell'area da rilevare, a tal scopo i servizi come Google Maps o simili permettono di avere un'idea del sito e delle complessità del rilievo, facilitando la programmazione ottimale della missione.

Una volta inseriti i punti dei vertici che delimitano l'area da rilevare si procede a preparare il piano di volo (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** - A).

Durante il volo, l'APR esegue l'acquisizione di fotografie ad alta risoluzione del suolo che, in seguito vengono opportunamente elaborate (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** - B e C) e trasformate in punti quotati (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** - D).

L'alta definizione della macchina fotografica usata (Sony EXMOR – 12,4 Mpx), l'alta stabilità e la bassa quota di volo del drone (20-40 m), hanno consentito di ricostruire piani altimetrici di altissima risoluzione (< 3cm al Pixel) e precisione spaziale.

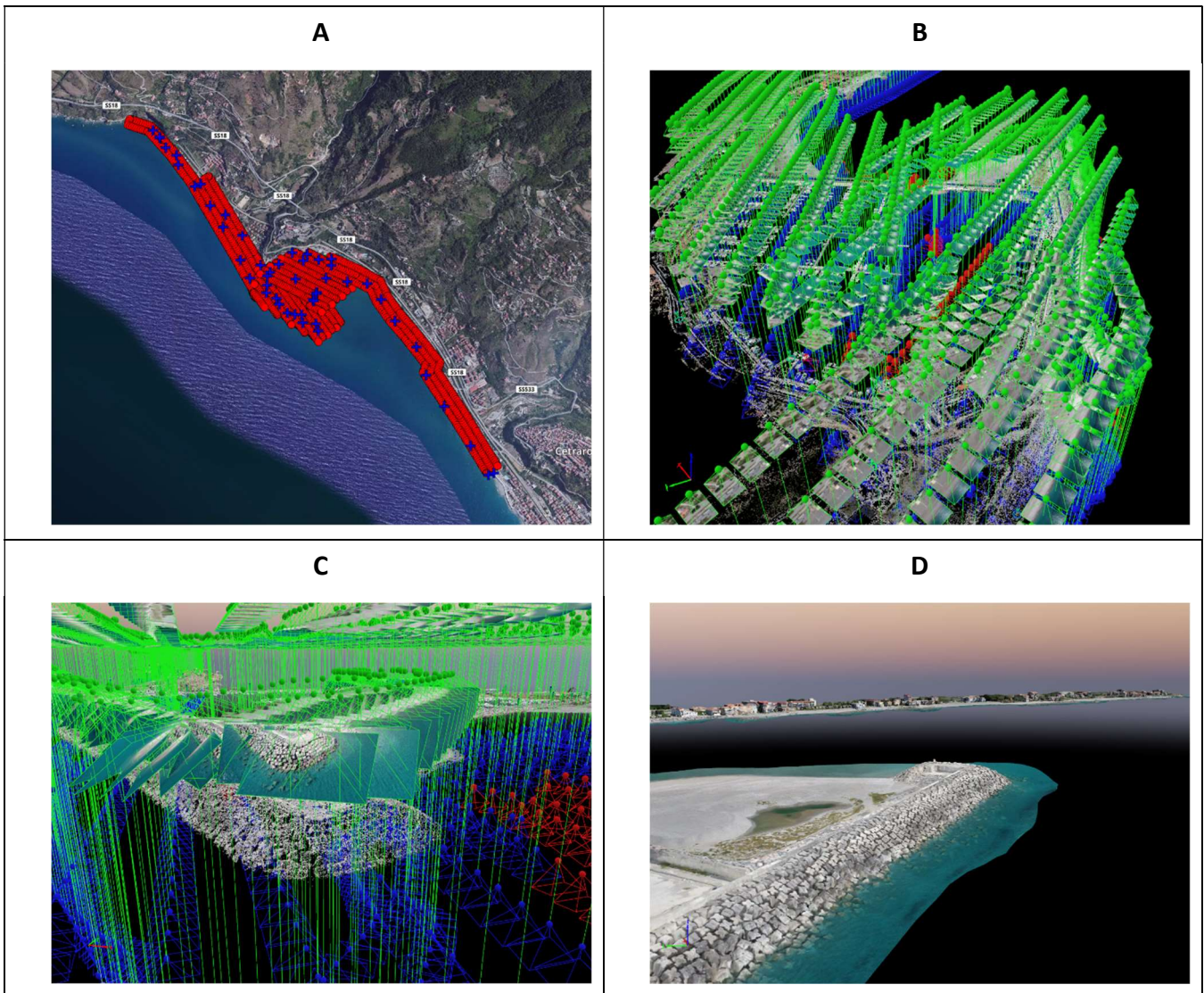


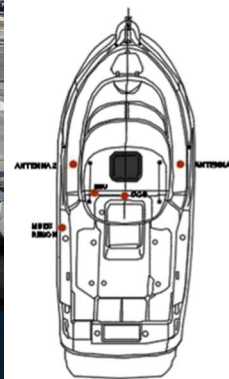
Figura 2.3 Fasi del rilievo con SAPR: A) pianificazione della missione di volo; B-C) Elaborazione dati attraverso i fotogrammi acquisiti durante il volo; D) Nuvola di punti (DSM) prodotta

2.4 Rilievo Batimetrico con sistema MBes

2.4.1 Imbarcazione impiegata

Per il raggiungimento dell'area d'indagine e l'esecuzione della survey, è stata utilizzata un'imbarcazione cabinata modello Arvor 215 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) di 6,54 m di lunghezza, dotata di motore entrobordo e di tutte le dotazioni di sicurezza e strumentali per l'esecuzione del lavoro. L'imbarcazione, denominata "Neptune1", configurata per l'esecuzione della survey, ha fatto base direttamente al porto di Cetraro, dal quale è stata raggiunta l'area di indagine durante i giorni di lavoro.

L'imbarcazione, grazie alle ridotte dimensioni e alla customizzazione effettuata per l'installazione di un'ampia gamma di strumentazioni, consente di effettuare mobilitazioni rapide per l'esecuzione dei rilievi morfo-batimetrici, sismici e di indagini ambientali.



OFFSET STRUMENTAZIONE NEPTUNE 1 PE1275			
STRUMENTAZIONE	X	Y	Z
COG	0,00	0,00	0,00
APPLANIX ANTENNA 1	+1,35	-0,58	1,79
APPLANIX ANTENNA 2	-1,35	-0,58	1,79
MRU	-1,00	+0,40	-0,35
MBSCH RESON R125	-1,35	-0,58	-0,58

Figura 2.4 Imbarcazione Neptune 1

2.4.2 Piattaforma Inerziale Applanix POS MV

I POS MV di Applanix sono sistemi di navigazione inerziale assistiti da una coppia di ricevitori GNSS (GNSS Aided Inertial Navigation System) ad altissime prestazioni, che permettono una precisa georeferenziazione di rilievi idrografici fornendo una soluzione a sei gradi di libertà: latitudine, longitudine, quota, rollio, beccheggio, heading, heave e sincronia temporale.

Progettato specificamente per fornire dati di posizione e compensazione di assetto per sonar multibeam, POS MV integra tutti i componenti necessari per controllare il posizionamento e l'assetto dell'imbarcazione (Gyro, MRU e GNSS), consentendo precisioni superiori, installazioni semplici e veloci e assenza di errori di sincronia.

L'integrazione dei vari componenti utilizza la tecnica "Tightly Coupled" di Applanix che consente, tra le altre cose, di mantenere le informazioni di posizione e assetto anche in caso di totale o parziale assenza momentanea di satelliti. Di fondamentale importanza quando si lavora in aree portuali o in acque interne.

Per la correzione dei movimenti di roll, pitch e heave dell'imbarcazione e per il corretto heading è stato impiegato un sistema integrato Applanix POS-MV "Surf Muster" (Figura 2.5).

RELAZIONE INDAGINI TOPO-BATIMETRICHE



Figura 2.5 Applanix POS-MV

Tale sistema, dispone di una funzione di autocalibrazione interna del motion reference unit (MRU).

Per la calibrazione dell'heading, si è proceduto con l'effettuare una serie di percorsi ad otto (Figura 2.6 e Figura 2.7), che hanno la funzione di agevolare la triangolazione con i sistemi di misura Azimutali o GAMS (GPS Azimuth Measurement System).

La correzione di posizione centimetrica è stata garantita dalla ricezione del segnale rtm ricevuta via network NTRIP dalla stazione LEICA ItAIPOS più vicina.

Si precisa che la correzione RTK è stata impiegata soltanto per i valori di misura orizzontale, mentre per le variazioni di marea si è fatto ricorso ai dati provenienti dalla stazione mareografica della rete nazionale più vicina.

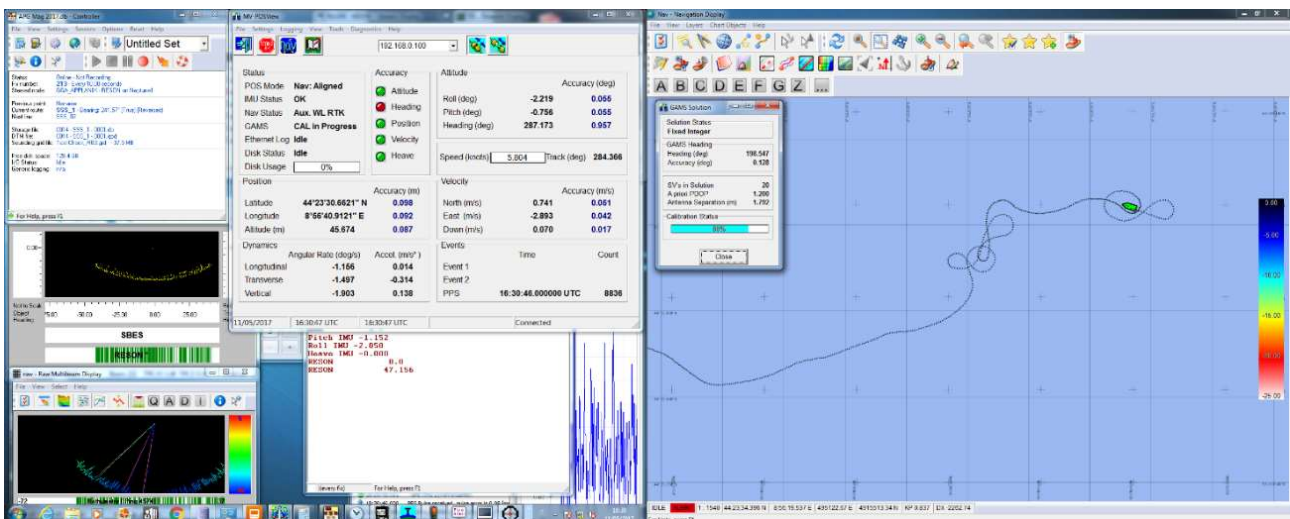


Figura 2.6 Applanix POS-MV: GAMS Calibration iniziale

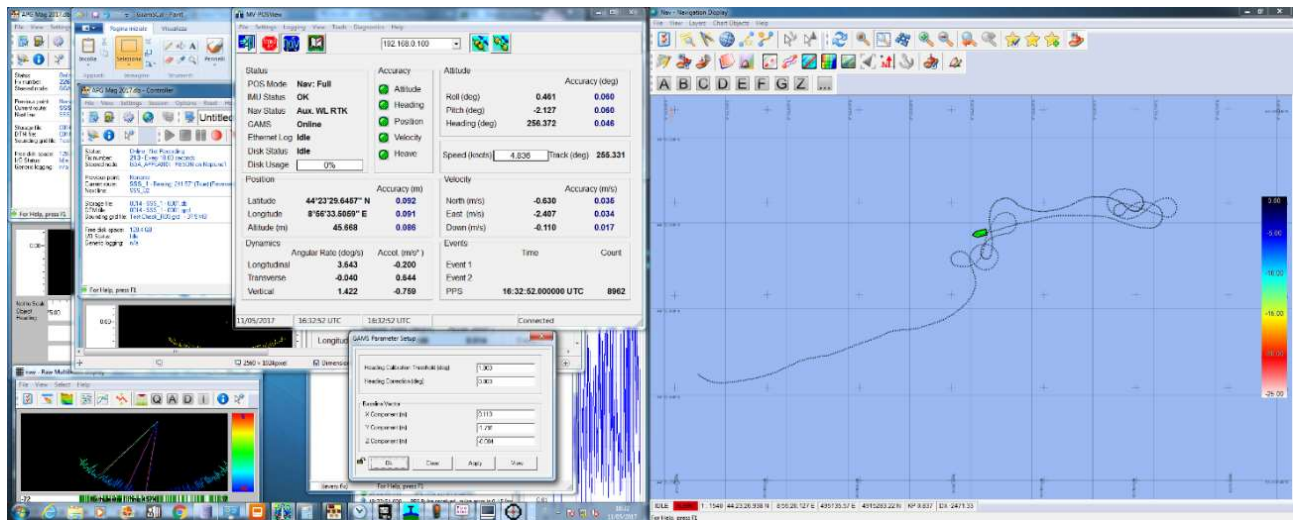


Figura 2.7 Applanix POS-MV: GAMS Calibration finale

2.4.3 Sistema Multibeam Echosounder (MBEs)

Per l'esecuzione del rilievo batimetrico è stato utilizzato un ecoscandaglio multifascio (MBES) della RESON modello Seabat 8125 (Figura 2.8) che per le sue caratteristiche tecniche offre prestazioni tra le migliori presenti sul mercato.



Figura 2.8 Sistema MBES impiegato per i rilievi batimetrici

Il sistema MBES è costituito da un corpo esterno in titanio che rappresenta la parte acustica dello strumento che va in acqua (installandola con l'impiego di una flangia in acciaio su un apposito palo) sulla quale sono presenti il trasduttore e l'idrofono, ed un'unità elettrica rappresentata dalla power unit (PU) che converte il segnale acustico in impulso elettrico visualizzando sul monitor il sonogramma. La PU viene a sua volta collegata via LAN con un PC sul quale è installato il software idrografico Qinsy (QPS TM) che consente di gestire i dati acquisiti ed interfacciandoli con i dati ricevuti dalle altre periferiche, e di effettuare la visualizzazione ed il controllo dei dati in tempo reale.

Prima di iniziare le operazioni è stato eseguito un bar-check a bordo e un setting dei valori di gain, TVG e range finalizzati a rendere quanto dettagliati e "puliti" i dati acquisiti.

RELAZIONE INDAGINI TOPO-BATIMETRICHE

Il range laterale usato per le operazioni, che varia in relazione alla profondità riscontrata, è stato impostato sempre in maniera tale da consentire un overlap di copertura tra linee adiacenti. In tal modo è stata garantita la copertura di acquisizione dell'intera area di interesse.

Il trasduttore (testa) del sistema è stato installato, mediante flangia e palo in acciaio inox, in corrispondenza della murata sinistra dell'imbarcazione utilizzando un sostegno a T realizzato in acciaio inox ed in grado di garantire la stabilità nella posizione.

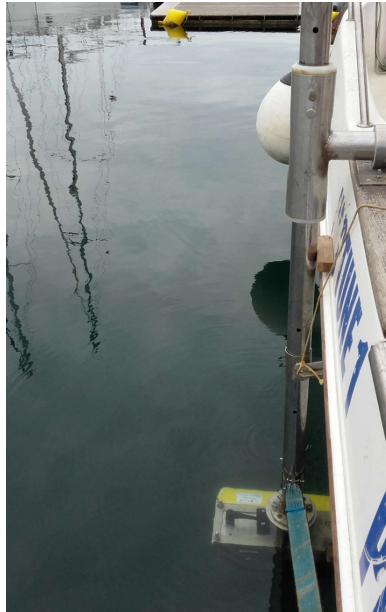


Figura 2.9 Installazione del trasduttore di testa

Gli offset di installazione del trasduttore rispetto all'antenna del GPS sono stati accuratamente misurati ed inseriti nel software idrografico di acquisizione dati Qinsy-QPS.

All'inizio delle operazioni di misura è stato misurato il profilo della velocità del suono in mare, ottenuta per mezzo di un profilatore (CTD-SVP) che effettua la misura acustica diretta con intervallo di profondità pari a 0,50 m e fino alla massima profondità raggiungibile nell'area di interesse.

I dati raccolti sono stati inseriti nel programma di acquisizione del sistema multibeam, come mostrato nella seguente.

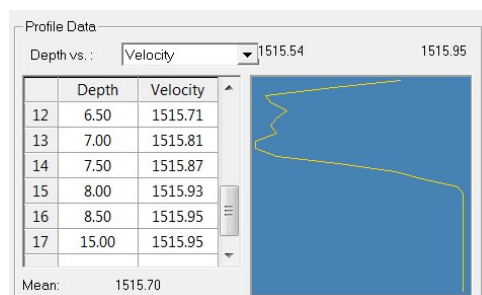


Figura 2.10 Registrazione del profilo di velocità del suono

La correzione dei valori di marea è stata effettuata applicando in fase di post processing i dati registrati dalla stazione mareografica di Capo Palinuro.

RELAZIONE INDAGINI TOPO-BATIMETRICHE

La calibrazione del sistema Multibeam viene eseguita per compensare il disallineamento tra il sensore di orientamento, il sensore di assetto e il trasduttore MBES.

Seguendo le specifiche del costruttore, si è proceduto ad eseguire le calibrazioni all'interno del porto nei pressi della marina, su una zona con fondale parzialmente piatto e parzialmente inclinato, e quindi la calibrazione si è svolta secondo le seguenti fasi:

- 1) La compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di rollio è avvenuta percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale piatto e quindi calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione perpendicolare alla linea;

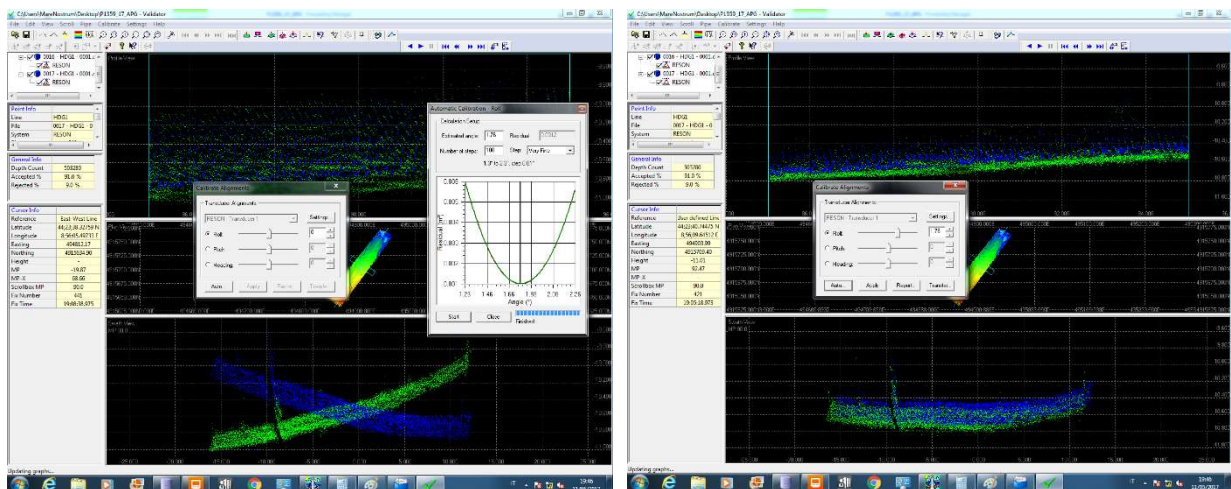


Figura 2.11 Calibrazione del sistema MBES: A sx "roll" non corretto e a dx dopo la calibrazione

- 2) La compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di beccheggio è avvenuta percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale inclinato e quindi calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione parallela alla linea;

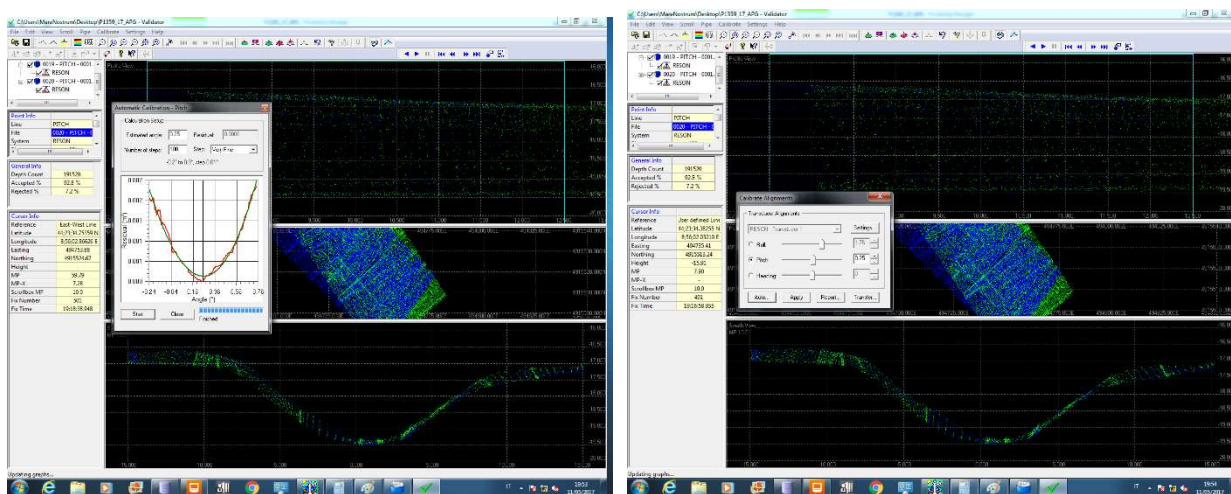


Figura 2.12 Calibrazione del sistema MBES: A sx "pitch" non corretto e a dx dopo la calibrazione

- 3) La compensazione della deviazione in azimuth tra la girobussola ed il trasduttore MBES è stata eseguita localizzando un outcrop e percorrendo due linee adiacenti in direzione opposta: il valore di calibrazione è stato misurato come correzione angolare per portare a combaciare l'oggetto nella visione in pianta.

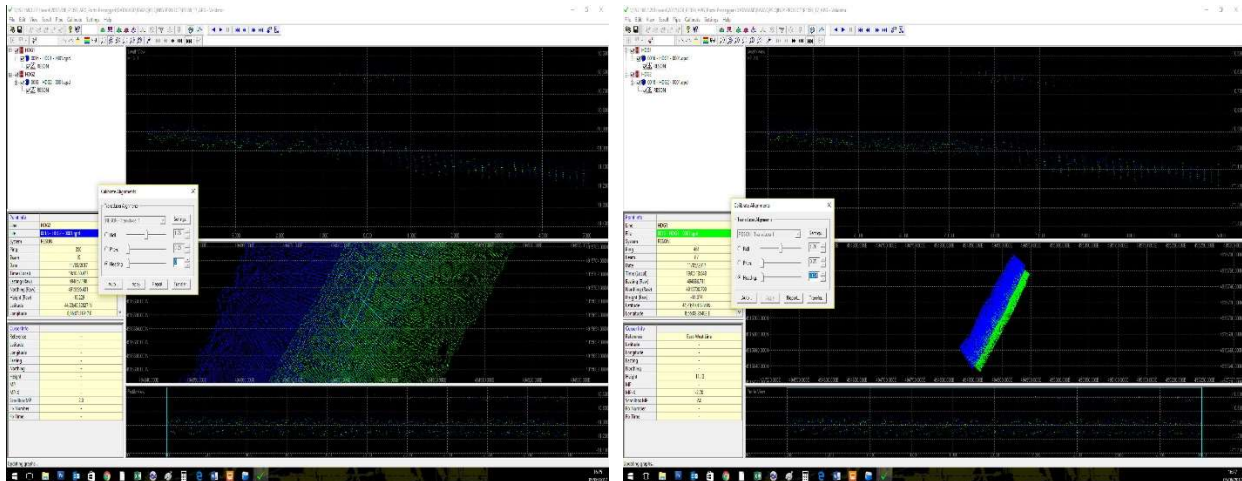


Figura 2.13 Calibrazione del sistema MBES: A sx "heading" non corretto e a dx dopo la correzione

Sia in fase di calibrazione che nel corso dei rilievi sono state eseguite profilature della velocità del suono lungo la colonna d'acqua mediante una sonda SVP, allo scopo di calcolare i profili da impostare di volta in volta nel sistema MBES; tale operazione è stata ripetuta due volte al giorno durante il corso delle operazioni in mare per consentire al sistema di generare appropriatamente i fasci e di compensare la rifrazione dei raggi acustici (ray bending) per il posizionamento accurato dei punti di misura.

2.4.4 Acquisizione dati di posizione e navigazione

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione è stata eseguita dal sistema di navigazione costituito da un PC equipaggiato con il software QINSy della QPS. Il sistema è stato interfacciato con il sistema di posizionamento RTK, con la girobussola e il sensore di assetto per la gestione e l'acquisizione di tutti i dati di posizionamento e navigazione.

Il piano di navigazione da seguire nell'area di indagine è stato preventivamente inserito nel sistema di Navigazione e visualizzato durante le operazioni di acquisizione per facilitare la guida in rotta dell'imbarcazione.

Per ogni linea di navigazione è stato creato un file dati separato, contenente tutte le informazioni di posizione per ciascuno dei sensori di misura utilizzati.

2.5 Elaborazione dati e cartografie

Questa attività è stata svolta al termine delle indagini in campo ed ha previsto diverse fasi operative descritte nei paragrafi successivi.

2.5.1 Elaborazione Dati fotogrammetrici, creazione DEM ed estrazione Cloud point

I fotogrammi acquisiti dal volo drone, sono stati importati e processati con il software PIX4D, che consente attraverso una serie di passaggi di processing di estrarre la nuvola di punti ed il modello digitale del terreno georeferenziati. Su questi è possibile successivamente, generare curve di livello, sezioni e quant'altro serve alla progettazione.

2.5.2 Elaborazione Dati Batimetrici

L'elaborazione dati batimetrici acquisiti con il sistema Mbes è stata eseguita utilizzando il modulo di post-processing del software Qimera della QPS. Tale modulo consente di operare un'approfondita valutazione dei dati secondo tre passaggi fondamentali:

1. Correzione della posizione, mediante un modulo che consente di definire i criteri base per la reiezione automatica dei dati anomali (Spikes), dovuti a salti del sistema di posizionamento, e di intervenire manualmente per eliminare registrazioni non accurate;
2. Correzione della profondità, mediante un modulo che permette di applicare all'intero dataset la compensazione di marea;
3. Controllo statistico dei dati, basato sulla definizione di una serie di parametri e regole empiriche, per estrarre un dataset di misure affidabili.

I dati batimetrici così controllati e filtrati sono stati elaborati al fine di ottenere un modello digitale del fondo (DTM) consistente con la risoluzione del rilievo ed adeguato alla scala di rappresentazione cartografica richiesta, nel caso specifico è stato prodotto un grid con risoluzione di 0.5x0.5 m.

La mancanza di un caposaldo IGMI (richiesto alla committenza ma non disponibile), ha portato alla correzione dei valori di marea soltanto in fase di processing con l'impiego dei dati ricavati dalla stazione Mareografica della rete nazionale di Capo Palinuro. Questa pur essendo la stazione più vicina disponibile, ha generato una non perfetta collimazione delle misure che tuttavia, rientrano nei parametri di accuratezza per un rilievo idrografico di ordine 1b secondo quanto previsto dal Disciplinare Tecnico per la standardizzazione dei rilievi idrografici Ed.2016 Istituto Idrografico della Marina Italiana.

2.5.3 Restituzione cartografica dei dati

I risultati del rilievo sono stati processati ed interpretati al fine di produrre un'accurata cartografia rappresentativa dell'area investigata. La cartografia è presentata in proiezione UTM con datum WGS84, i cui parametri rilevanti sono riportati nella tabella seguente. In dettaglio è stata generata una carta batimetrica su base CAD (georeferenziata) e una carta del modello digitale.

Tabella 2-2 Parametri geodetici del sistema di riferimento impiegato

Datum	WGS84	Planar Units	Meters	Origin Latitude	0.00000000
Projection	UTM	Central Meridian Scale Factor	0.999600000	False Easting (m)	500000
Zone	33 N	Central Meridian	9.00000000	False Northing (m)	0

3 RISULTATI

3.1 Rilievo aerofotogrammetrico, plano-altimetrico e batimetrico

L'elaborazione dei fotogrammi acquisiti a mezzo SAPR hanno consentito di elaborare un'ortofoto georeferenziata ed un dtm/dem ad alta risoluzione dello stato dell'arte che a sua volta è stato integrato in unico grid con i dati batimetrici acquisiti.

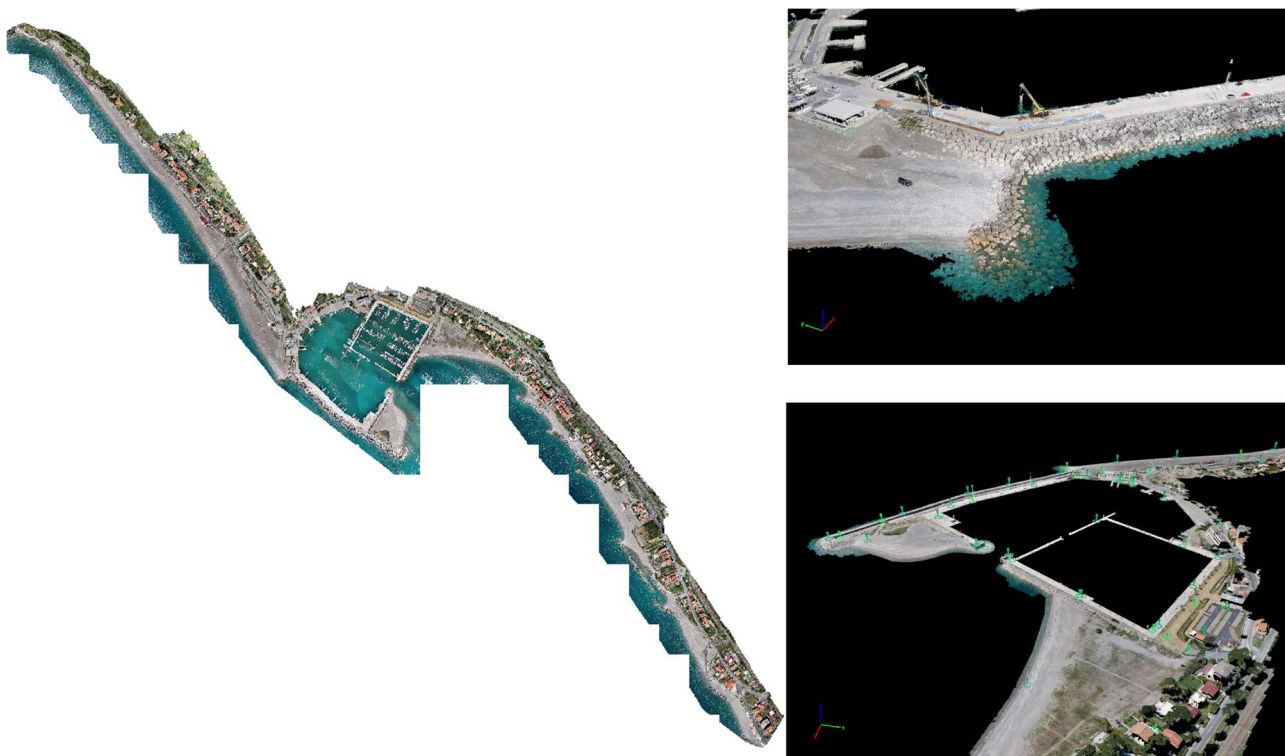


Figura 3.1 Ortofoto e nuvole di punti

I dati topografici e batimetrici acquisiti, processati ed esportati in file xyz sono stati utilizzati per la generazione di un modello digitale del terreno (DTM) dettagliato per la rappresentazione grafica della morfologia e dell'andamento del suolo e dei fondali nell'area.

La gestione dei dati in ambiente GIS, consente inoltre di effettuare diverse operazioni sul DEM tra le quali, l'ottenimento di profili in sezione in qualsiasi punto selezionato.

Dai risultati ottenuti è stato possibile mappare in modo accurato l'intero della zona del porticciolo turistico di Cetraro (navigazione ostacolata dalle numerose imbarcazioni ormeggiate), la relativa imboccatura del porto e la zona di accumulo sedimentario posta nei pressi del molo di sopralfutto. Si è inoltre rilevato il pennello trappola e le zone prossime alla linea di costa per tutta la lunghezza lineare della costa investigata. Per le porzioni di rilievo batimetrico in cui risultava non eseguibile per motivi di sicurezza per la navigazione, a mezzo del software Surfer si è eseguita una maglia di interpolazione che, ha permesso di interpolare i due dataset (SAPR-MBES) in modo da collimare gli eventuali gap. Tale algoritmo di interpolazione in linea di massima ha lavorato bene, le aree in cui lo stesso è stato rilevato fallace, sono state oggetto di rettifica e cancellazione nella generazione

delle curve di livello (isoipse e batimetriche), riportate nella cartografia allegata.

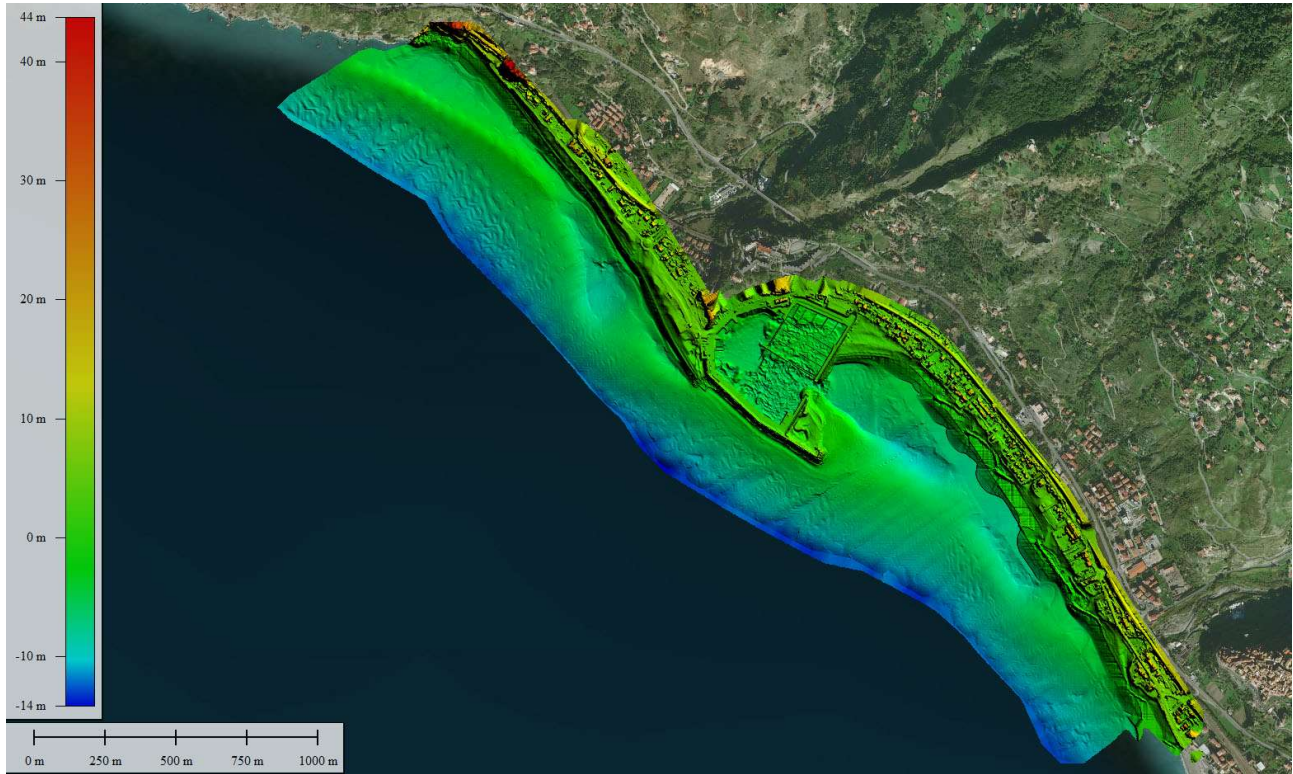


Figura 3.2 Visione generale DTM

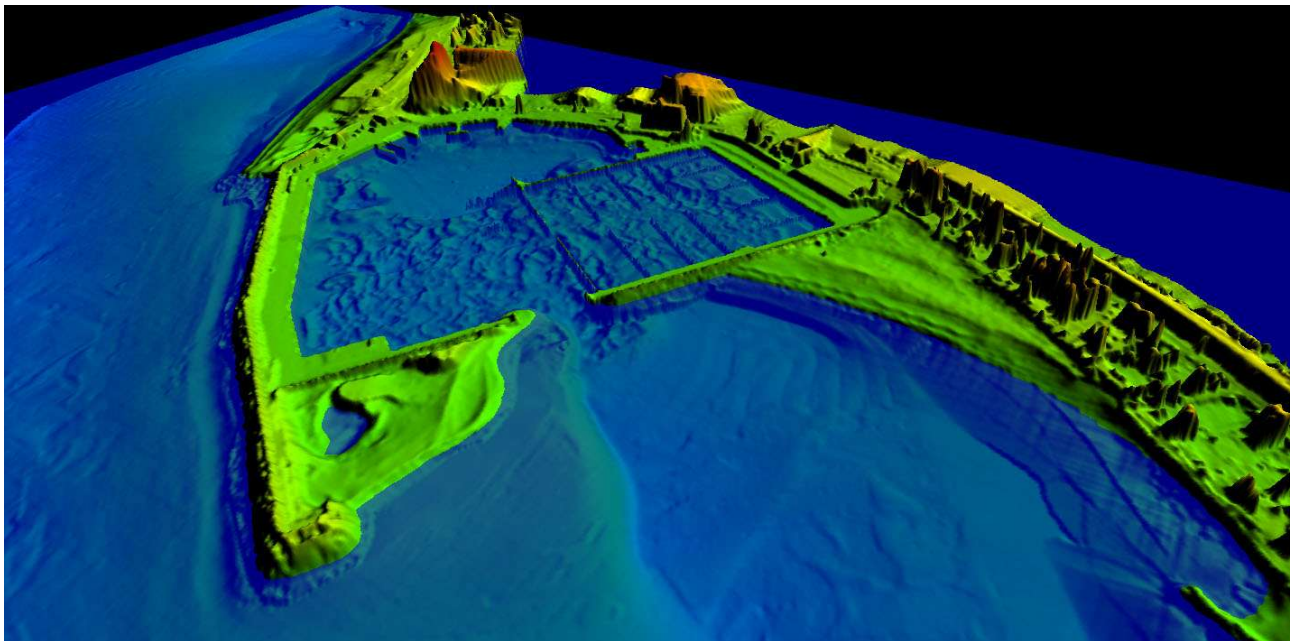


Figura 3.3 Visione 3D del DTM del rilievo topo-batimetrico

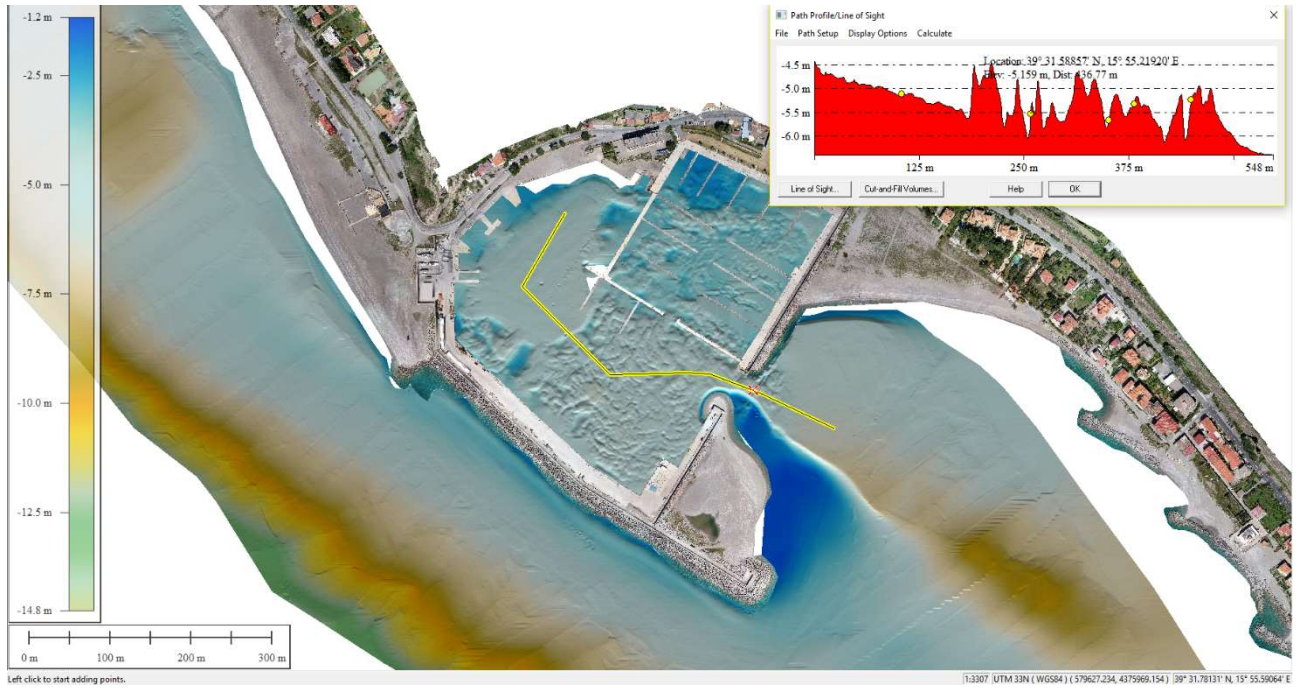


Figura 3.4 Profilo longitudinale dell'area portuale



Figura 3.5 Profilo longitudinale nei pressi dell'imboccatura del porto

4 ALLEGATO I – SCHEDE TECNICHE STRUMENTALI

4.1 Sistema SAPR – DJI Phantom 4



Declaration of Conformity

Product: Phantom 4 Pro V2.0
Model Number: WM331S
Manufacturer's Name: SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.
Manufacturer's Address: 14th floor, West Wing, Skyworth Semiconductor Design Building
 NO.18 Gaoxin South 4th Ave, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, China

We, SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD., declare under our sole responsibility that the above referenced product is in conformity with the applicable requirements of the following directives:

RED Directive: 2014/53/EU
 EMC Directive: 2014/30/EU
 Low Voltage Directive: 2014/35/EU
 RoHS Recast Directive: 2011/65/EU
 WEEE Directive: 2012/19/EU
 REACH Regulation: 2006/1907/EC

Conformity with these directives has been assessed for this product by demonstrating compliance to the following harmonized standards and/or regulations:

Safety	EN 60950-1: 2006+ A11:2009+ A1:2010+ A12:2011+ A2:2013
EMC	EN 301 489-1 V2.2.0 (2017-03) EN 301489-19 V2.1.0 (2017-03)
	EN 301 489-3 V2.1.1 (2017-03) EN 301 489-17 V3.2.0 (2017-03)
Radio	EN 300 328 V2.1.1 (2016-11) EN 303 413 V1.1.1 (2017-06)
	EN 300 440 V2.1.1 (2017-03)
Health	EN 62311:2008
RoHS	2011/65/EU
WEEE	2012/19/EU
REACH	2006/1907/EC

The notified body, Bay Area Compliance Laboratories Corp. (BACL), notified body number: 1313, performed the EU-type examination in according with Annex III, Module B of Council Directive 2014/53/EU, and issued the EU-type examination certificate: B1802081.

Software*: V01.00.00.00

*Note: Updated software will be released by manufacturer to fix bugs and improve the performance after the product placed on the market. All updated versions released by the manufacturer have been verified to be complied with the applicable regulations. All RF parameters (e.g., RF power, frequency) are not accessible to end users and cannot be changed by any third parties.

Signed for and on behalf of: SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.

Place: Shenzhen, China Date: 2018-05-30
 Name: Mingyu Wang Position: VP of R&D

Signature: 



4.2 Sistema INS Applanix



MAXIMIZE YOUR ROI WITH POS MV SURFMASTER

POS MV SurfMaster is a user-friendly, turnkey system designed and built to provide accurate attitude, heading, heave, position, and velocity data of your marine vessel and onboard sensors. POS MV is proven in all conditions, and is the georeferencing and motion compensation solution of choice for the hydrographic professional.

POS MV blends GNSS data with angular rate and acceleration data from an IMU and heading from the GPS Azimuth Measurement System (GAMS) to produce a robust and accurate full six degrees-of-freedom position and orientation solution.



PERFORMANCE SUMMARY - POS MV SURFMASTER ACCURACY

	DGPS	Fugro Marinestar [®]	IARTK	POS Pac MMS PPP	POS Pac MMS IAPPK	Accuracy During GNSS Outage
Position	0.5 - 2 m ¹	Horizontal: 10 cm 95% Vertical: 15 cm 95%	Horizontal: +/- (8 mm + 1 ppm x baseline length) ² Vertical: +/- (15 mm + 1 ppm x baseline length) ²	Horizontal: < 0.1 m Vertical: < 0.2 m	Horizontal: +/- (8 mm + 1 ppm x baseline length) Vertical: +/- (15 mm + 1 ppm x baseline length) ²	~ 6 m for 60 s total outages (RTK) ~ 3 m for 60 s total outages (IAPPK)
Roll & Pitch	0.04°	0.03°	0.03°	< 0.03°	0.025°	0.05°
Heading	0.06° with 4 m baseline 0.08° with 2 m baseline	-	-	-	-	0.2° (IAPPK, 60 second outage) 0.3° (RTK, 60 second outage)
Heave TrueHeave [™]	5 cm or 5% ³ 2 cm or 2% ⁴	-	-	-	-	5 cm or 5% ³ 2 cm or 2% ⁴

PCS OPTIONS

COMPONENT	DIMENSIONS	WEIGHT	TEMPERATURE	HUMIDITY	POWER
Rack Mount PCS	L = 442 mm, W = 356 mm, H = 46 mm	3.9 kg	-20 °C to +70 °C	10 - 80% RH	AC 120/230 V, 50/60 Hz, auto-switching 40 W
Small Form Factor PCS	L = 167 mm, W = 185 mm, H = 68 mm	2.5 kg	-20 °C to +60 °C	0 - 100% RH	DC 10-34 V, 35 W (peak)

INERTIAL MEASUREMENT UNIT (IMU)

ENCLOSURE	DIMENSIONS	WEIGHT	TEMPERATURE	IP RATING
Between Decks	L = 158 mm, W = 158 mm, H = 124 mm	1.66 kg	-40 °C to +60 °C	IP65
Submersible	Ø100 mm (base plate Ø132 mm) X 61 mm ⁵	2.4 kg	-40 °C to +60 °C	IP68

GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS)

COMPONENT	DIMENSIONS	WEIGHT	TEMPERATURE	HUMIDITY
GNSS Antenna	Ø178 mm, W = 73 mm	0.45 kg	-50 °C to +70 °C	0-100% RH

¹ Depending on quality of differential corrections
² Assumes 1 m IMU-GNSS antenna offset
³ Whichever is greater, for periods of 14 seconds or less
⁴ Whichever is greater, for periods of 35 seconds or less
⁵ Height excludes connector

4.3 Sistema DGPS – Trimble R6



CARATTERISTICHE

PRINCIPALI

Tecnologia di tracciamento satellitare **Trimble R-Track**

Include il chip Trimble Maxwell 6 con **220 canali**

Posizionamento GNSS leader nel settore con **GPS L2C, L5 e QZSS**

Scalabile per aggiungere capacità man mano che le esigenze della vostra azienda cambiano.

Design di sistema **flexibile** e integrato

SISTEMA TRIMBLE R6 GNSS

ADATTABILE, SCALABILE, PRONTO A TUTTO

A volte una sola misura non è sufficiente ed è necessario disporre di una soluzione personalizzata che può crescere insieme all'attività. La risposta? Ricevitore GNSS Trimble® R6. Combina la tecnologia GNSS avanzata con l'adattabilità e la libertà di adeguarsi e crescere quando il vostro business richiede cambiamenti. Grazie alla tecnologia Trimble R-Track™, scelte di comunicazione integrate e opzioni di aggiornamento GNSS, Trimble R6 funziona come voi lo volete oggi, ma è già pensato per offrire quello che potreste desiderare domani.

DESIGN DI SISTEMA INTEGRATO

Trimble R6 unisce un ricevitore GNSS altamente integrato e avanzato, un'antenna di precisione, una batteria a lunga durata e possibilità di comunicazioni integrate in una struttura robusta e affidabile.

Le opzioni di comunicazione integrate offrono la flessibilità di scegliere il tipo di comunicazioni più adatto per il metodo di lavoro delle vostre squadre operative. Il modem cellulare integrato semplifica le operazioni in reti VRS mentre UHF RX o RX/TX integrati semplificano le applicazioni base/rover RTK.

TECNOLOGIA GNSS CHE FA LA DIFFERENZA

Dotato di un chip Trimble Maxwell™ 6 con 220 canali, il ricevitore Trimble R6 offre la precisione e l'affidabilità necessarie per un rilievo accurato, con tracciatura e prestazioni RTK superiori. Grazie al supporto dei segnali L2C GPS e al giapponese QZSS e alle opzioni di aggiornamento GLONASS, Galileo e BeiDou (COMPASS) potete tracciare più satelliti ed eseguire misurazioni in ambienti difficili con più successo. Inoltre, L2C rappresenta qualcosa di più che segnali aggiuntivi: la struttura avanzata del segnale offre una potenza maggiore, per una tracciatura satellitare più affidabile.

La terza frequenza civile GPS L5 fornisce un livello di potenza più elevato rispetto alle altre frequenze e utilizza una larghezza di banda maggiore, consentendo codici più lunghi. Di conseguenza, l'acquisizione e il tracciamento di segnali deboli è molto più semplice.

Questa tecnologia di tracciamento e posizionamento avanzata di Trimble riduce il tempo necessario per reinizializzare e il tempo di attesa.

TECNOLOGIA AVANZATA TRIMBLE R-TRACK

Integrata nel Trimble R6, la tecnologia di tracciamento satellitare Trimble R-Track fornisce prestazioni di posizionamento affidabili e precise. Trimble R-Track con Signal Prediction™ compensa i segnali di correzione RTK intermittenti o marginali, permettendo un funzionamento preciso e prolungato durante interruzioni del segnale RTK.

SCHEDA TECNICA

Il protocollo di comunicazione CMRx fornisce la compressione delle correzioni per una larghezza di banda ottimizzata e la completa utilizzazione di tutti i satelliti in vista, offrendo prestazioni di posizionamento affidabili.

SCALABILITÀ PER SODDISFARE LE ESIGENZE CHE CAMBIANO

Questo ricevitore interamente aggiornabile consente di scegliere il livello di supporto GNSS che meglio si adatta alle vostre necessità odierne, ma con la flessibilità di aggiornamento adeguata all'evoluzione delle vostre richieste.

I segnali GPS, L1, L2, L2C, L5 e il giapponese QZSS sono supportati come standard nel Trimble R6. Per il supporto costellazione aggiuntivo, aggiungere supporto opzionale GLONASS, GALILEO e BeiDou (COMPASS).

LA SOLUZIONE DA CAMPO FLESSIBILE

Se state cercando la soluzione più flessibile nel settore, associate il ricevitore Trimble R6 con un controller Trimble, come Trimble TSC3, Trimble CU o Trimble Tablet Rugged PC con software da campo Trimble Access™. Questi robusti controller portano tutta la potenza dell'ufficio sul campo, tramite un'interfaccia intuitiva basata su Windows.

Il software da campo Trimble Access offre numerose caratteristiche e funzionalità che consentono di migliorare notevolmente la vostra produttività. Flussi di lavoro semplificati come Strade, Monitoraggio, Miniere e Tunnel guidano il personale attraverso tipi di progetto comuni e consente loro di eseguire il lavoro con meno distrazioni. Selezionate il flusso di lavoro adatto alla vostra attività e iniziate a lavorare. Gli studi topografici possono inoltre implementare i loro flussi di lavoro specifici usufruendo delle capacità di personalizzazione nel kit di sviluppo Trimble Access Software Development Kit (SDK).

Avete bisogno di inviare i dati in ufficio immediatamente? Sfruttate i vantaggi della condivisione di dati in tempo reale tramite Trimble Access Services, ora disponibile con qualsiasi contratto di manutenzione Trimble Access valido.

Rientrati in ufficio, gli utenti possono trasferire perfettamente i dati rilevati sul campo con Trimble Business Center. Modificate, elaborate e regolate i dati con sicurezza.

Sistema Trimble R 6 GNSS Pronto per la vostra attività di oggi... e di domani



4.4 Sistema MBes – RESON Seabat 8125



SeaBat 8125

- Focused 0.5° beams
- 240 beams
- 2.5cm near field resolution
- 6mm depth resolution
- 120° swath

The SeaBat 8125 is the first wide-sector, wide-band, focused multibeam sonar ever to be deployed. Utilizing 240 dynamically focused receive beams, the system measures a 120° swath across the seafloor, detects the bottom, and delivers the measured ranges at a depth resolution of 6mm. The backscatter intensity image is displayed in real time on the sonar display.

The 8125 can be controlled through its native graphical user interface, or through an external control data collection and navigation software package.

The system can be mounted on a survey vessel or deployed on an ROV at depths down to 1500m. The high-speed data uplink is carried on a standard SeaBat copper cable for surface installation. A fiber-optical interface is available for ROV deployment.



4.5 Software di Navigazione

QINSy



Specialising in Hydrographic Software

MULTI BEAM DATA ACQUISITION
 REAL TIME ON-THE-FLY DTM PRODUCTION

Multibeam support is one of the add-on modules available within QINSy Office, QINSy Lite and QINSy Survey. The MBE add-on makes it possible to interface various types of MBE systems and record both bathymetry and backscatter data from these systems. Within QINSy it does not matter whether you have a beam-forming or an Interferometric system.

For some of the supported MBE systems, it is possible to control the unit from QINSy on-line controller. This feature takes away the requirement for designated PU software.

Among others, the following MBE systems are supported by QINSy:

- Atlas Hydrographics FanSweep 20
- Benthos C3D
- GeoAcoustics GeoSwath+
- Imagenex DeltaT, 881L
- Kongsberg Maritime EM series
- L3-Elac Seabeam
- Odom ES3, Echoscan
- R2Sonic
- Reson 7K series, 81xx series, 900x series
- SEA SwathPlus

Doing it right first time principle makes it possible to calculate footprint positions and perform quality control in real-time. This is the dream of every surveyor. Complete Insight in not only the quantity of your data set but also the quality before you even finish your survey.

In QINSy all computations are performed in 3D. Employing various real-time data cleaning tools, correcting for attitude, water column refraction together with accurate RTK heights or real-time tide gauges all MBE observations are immediately available in absolute survey coordinates to output almost final results at the time of data acquisition.




Accurate timing is imperative in multibeam surveys. QINSy uses a timing routine based on the PPS Option available on most GNSS receivers. All incoming and outgoing data is accurately stamped with an UTC time label. Internally QINSy uses 'observation ring buffers' so that data values can be placed for the exact moment of an event or ping. This combination gives QINSy a proven accuracy of 1msec!

Data Storage
All raw sensor data is logged and permanently stored in fast relational database (*.db) to each of which the entire survey configuration is copied from the used template db. Raw data can be analyzed and edited using the Analyse program, making it ready for the Relay program and generation of new footprint results when required.
During acquisition and Replay footprint results are primarily recorded in QPD files. The QPD files are used in the Validator and Qloud for MBE calibration, data validation, (re)apply of SVP profiles and tidal information.

MBE Calibration
Multibeam calibration is interactive providing both manual and auto calibration options. The MBE calibration tool is part of the Validator and calibrates for Roll, Pitch and Yaw offsets.

Multi Layer Sounding Grid
For MBE surveys, 'gridding' is the predominant data reduction method. However achieved reduction usually means a loss of resolution. In QINSy a regular multi level gridding method is used. Based on the minimum cell size, 5 additional grid resolution levels are generated on-the-fly. Each next level being double in size from the previous level. This method used in QINSy ensures faster update of Navigation and 3D displays since only the resolution level is shown which fits the viewing scale and screen resolution.
For each sounding grid cell multiple properties are available such as mean value, minimum value, maximum value, hit count, standard deviation etc giving the operator insight into the quality of the survey in real time!

Quality Positioning Services BV
 Huis ter Helwegweg 66 - 3705 LZ Zaltbommel - The Netherlands
 sales@qps.nl - +31 (0) 30 6901 200 - Fax: +31 (0) 30 690 3669

QPS-US Inc.
 17555 Greenchick Road - Houston, TX 77064 - USA
 sales@qps-us.com - +1 281 998 8100 - Fax: +1 281 998 8107

4.6 Software Elaborazione Dati SAPR



Pix4Dmapper Pro 3.2 / FEATURE LIST

	Features	Advantages
INPUTS	Aerial (nadir and oblique) and terrestrial imagery	Process images taken at any angle and from any aerial manned or unmanned platform as well as from the ground
	Video (mp4 or avi format)	Automatically extracts still frames from video files to create a project
	Any camera (compact, SLR, thermal, multispectral, GoPro, 360-degree, Tetracam, large-frame add-on, etc.)	Use images acquired by any camera, from small to large frames, from consumer-grade to highly specialized cameras
	Multi-camera support for the same project	Create a project using images from different cameras and process them together
	Camera rig support	Process images using known rig relatives from multiple synchronized cameras, customized or from known manufacturers for more robust, accurate and faster processing
	Ground control point edit and import (.csv, .txt)	Import and edit ground control points to improve the absolute accuracy of your project
	Local, global and arbitrary reference coordinate system support in imperial or metric units	Select EPSG code from known coordinate systems or define your own local system
	Camera exterior orientation support	Optimize camera exterior orientation parameters starting from GPS and IRU input parameters
PROCESSING	External point cloud import	Import a point cloud from different sources, such as LiDAR, and use it to create a DSM and orthomosaic
	Processing templates	Automate processing and generation of outputs by using standard or customized templates
	Rapid Check with Quality Report	Rapid processing template for a dataset quick check while still on site
	Camera self-calibration	Optimize internal camera parameters, such as focal length, principal point of autocollimation and lens distortions, without the need of a lab calibration report
	Rolling shutter effect correction	Correct the warp of images taken with rolling shutter cameras (like GoPro, DJI Phantom, etc.) to maintain good accuracy, especially useful when flying fast and low
	Automatic Aerial Triangulation (AAT) and Bundle Block Adjustment (BBA)	Process automatically with or without known camera exterior orientations: (x, y, z, W, f, k)
	Automatic point cloud densification	Produce a dense and detailed 3D point cloud, which can be used as a basis for DSM and 3D mesh
	Automatic point cloud filtering & smoothing	Use presets for point cloud filtering and smoothing options
	Automatic DTM/DEM extraction	Remove above-ground objects from DSM and create a bare-Earth model. For additional control, select and delete points manually in the rayCloud to improve DTM/DEM generation
	Automatic brightness and color correction	Compensate automatically for change of brightness, luminosity and color balancing of images
	Quality Report	Assess the accuracy and quality of projects
Project merging	Combine individually-processed projects into one	
Project splitting	Split large projects into sub-projects for more efficient processing	
Project area definition	Import (.shp) or draw specific areas to faster generate results inside specific boundaries	
Targeted Feature Extraction	Give the number of features to find, getting more features in low-feature images to assist the reconstruction or less features for large-frame images to speed up processing	
Multiprocessor CPU + GPU support	Increase the processing speed by leveraging the power of CPU cores and threads, as well as GPUs	
RAYCLOUD EDITOR	Project visualization	Assess quality of optimized camera positions, 3D point cloud and mesh
	Navigation modes	View 3D point cloud and mesh in standard, trackball, or first person viewing modes
	Scale Constraint	Accurately scale projects with no or imprecise geolocation by defining one/multiple distances
	Orientation Constraint	Orientate projects with no or imprecise geolocation by defining directions of one/multiple axes
	Manual tie point editing	Annotate and edit 2D and 3D ground control points (GCPs), check points and manual tie points with the highest accuracy, using both original images and 3D information at the same time
	Project reoptimization	Reoptimize camera positions and/or rematch images based on GCPs and manual tie points to improve reconstruction of difficult areas
	Image masking	Carve: Remove points from 3D point cloud and create filters based on image content. Mask: Clear the unwanted background in orthoplane results.
	Point cloud editing	Global Mask: Disregard objects which appear in all images, such as a drone leg or tripod which occluded the lens during all image acquisition.
	Orthoplane creation	Select, classify or delete points from the point cloud using various selection tools
	Polyline and surface object creation	Define a plane to generate a DSM and orthomosaic from building facades, bridge piers, etc
	3D mesh and DSM editing	Annotate and measure polylines and surfaces in the point cloud. Accurately refine vertices in multiple original images.
	Fly-through animation	Annotate and create surfaces in the point cloud to flatten an area, or to fill up holes in the mesh and DSM caused by insufficient image content.
		Creates a virtual camera trajectory in 3D rayCloud viewer, play the animation in real-time, export the animation as a video (in mp4 and avi format) and the editable flightpath waypoints in .csv format

RELAZIONE INDAGINI TOPO-BATIMETRICHE

VOLUME MANAGER	Volume object creation		Annotate and measure volumes based on the DSM	
	Volume object management		Import and export selected volume basins in .shp files to enable easy monitoring of stockpiles on site.	
	Base adjustment		Adjust the reference base to fit different terrain and obtain accurate measurement.	
MOSAIC EDITOR	Region editing		Create and edit regions on the orthomosaic, choose the best content from multiple underlying images and projection type to remove moving objects or artifacts	
	Local blending		Edit only the desired portion of the orthomosaic, blend it in real-time and get the improved orthomosaic within minutes	
	Planar or ortho projection selection		Select planar or ortho projection for each created region to remove artifacts	
INDEX CALCULATOR	Radiometric adjustment interface		Make the indices more reliable and accurate by correcting illumination effects using a radiometric target	
	Reflectance map		Generate an accurate Reflectance map at the preferred resolution as a basis of index maps	
	Multiple region management		Improve your analysis by managing and visualizing index values per region	
	Automatic NDWI map		Generate singletband and NDWI maps based on pre-defined formulas without user intervention	
	Index formula editing		Create and save your own formulas choosing among each available input band and generate custom index maps	
	Class management		Create a basin of your annotated vector map by segmenting the data into classes using statistical algorithms (equal spacing, equal area, Jenks)	
	Prescription annotation		Match on-site scouts and observations by assigning annotations based on your decisions	
	Prescription map export		Put your data into action and export the prescription map in .shp format	
OUTPUT RESULTS	2D output results:		<ul style="list-style-type: none"> Nadir orthomosaics in GeoTIFF output format Orthomosaics from user-defined orthoplane in GeoTIFF output format Google tiles export in .kml and .html output formats Index maps (Thermal, DVI, NDVI, SAVI, etc.) in GeoTIFF and GeotIFF format Prescription maps in .shp format 	
	2.5D output results:		<ul style="list-style-type: none"> Nadir DSMs and DTMs in GeoTIFF format DSMs from user-defined orthoplane in GeoTIFF output format Nadir DSMs in GeoTIFF format 	
	3D output results:		<ul style="list-style-type: none"> 3D PDF for easy sharing of 3D mesh Full 3D textured mesh in .obj, .ply, .dxf, and .fbx format Tiled level-of-detail (LoD) mesh in .ocg and .shp (.eri) format Point cloud in .las, .laz, .xyz and .ply output format Contour lines in .shp, .dxf, .pdf format User-defined vector objects in .dxf, .shp, .dgn and .kml format 	
	Generate fly-through animations and flightpaths		<ul style="list-style-type: none"> rayCloud view fly-through animation in .mp4 and .avi formats Fly-through waypoints and path in .csv format 	
	Optimized camera position, external orientation and internal parameters, undistorted images		Export Aerial Triangulation results into traditional photogrammetry software solutions (e.g. INPHO, Leica LPS, DART/EM Summit Evolution)	
	COLLABORATION	Web share and visualization		Visualize 2D maps and 3D models using any web browser
			Instant measurement of distances and surfaces	
			Share Projects with annotations via a simple link	
			Embed project output in a webpage	
			Real-time shading for digital surface model (DSM) visualization	
MULTI-LINGUAL	Language Options		English, Spanish, Chinese (traditional and simplified), Russian, German, French, Japanese and Italian	
HARDWARE SPECS		CPU: (quad-core or hexa-core Intel i7 / Xeon recommended)		HD: (SSD recommended)
		GPU: Compatible with OpenGL 3.2 (GeForce 2 GB RAM recommended)		OS: Windows 7, 8, 10 64-bit, Mac OS (Beta), Linux (Enterprise only)



Pix4D SA
 EPFL Innovation Park, Building F
 1015 Lausanne, Switzerland
 +41 21 552 0590

General inquiries: info@pix4d.com
 Sales inquiries: sales@pix4d.com
 Support inquiries: support@pix4d.com

www.pix4d.com

