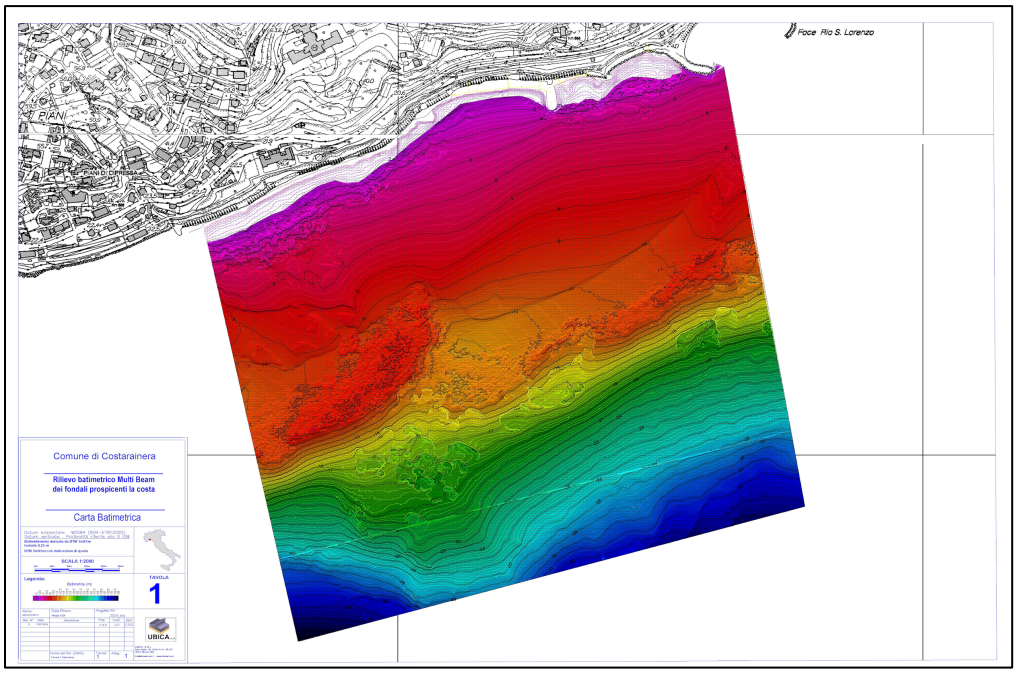
COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

RILIEVI GEOFISICI MARINI E RILIEVI TOPOGRAFICI DELLA SPIAGGIA EMERSA DI UN TRATTO DI COSTA IN CORRISPONDENZA DEL COMUNE DI COSTARAINERA (IM)



Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
01	08/07/2024	Emissione finale	Dott.ssa M. Previati	Dott. U. Pantaleo	Dott. C. Del Grande

Committente:
COMUNE DI COSTARAINERA
Piazza Vittorio Emanuele II, 7 18017 Costarainera (IM)
C.F. 80000590085 - P.Iva: 00244190088 CIG: B13192CDBC

U.BI.CA. S.r.l.
Via Cairoli 8 int. 2B-2C, 16124
Genova – Italy
Tel. +39 338 474 9026
Email: info@ubicasrl.com
www.ubicasrl.com

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

Sommario

1. Premessa ____ *3*

2. Modalità esecutive dei rilievi batimetrici MULTIBEAM ____ *4*

2.1. Inquadramento geodetico e datum verticale ____ 4

2.2. Sistema di Posizionamento ____ 4

2.3. Correzione del livello dell'acqua ____ 4

2.4. Rilievo M.b.e.s ____ 5

2.5. Calibrazioni e off-set ____ 8

2.6. Elaborazione dati ____ 13

3. Restituzione dei dati ____ *15*

4. Rilievo SINGLE BEAM ____ *16*

4.1. Strumentazione utilizzata ____ 16

4.2. Elaborazione dati Single Beam ____ 17

5. Rilievo topografico ____ *19*

6. Mezzi nautici ____ *20*

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

1. Premessa

Il rilievo è stato eseguito con tecnologia Multibeam fino alla batimetrica dei 2.5m circa, con tecnologia Single Bema sui fondali più bassi fino a circa 0.5 m di profondità. Il rilievo della linea di riva e dei primissimi fondali è stato eseguito a mezzo di GPS RTK. I rilievi sono stati eseguiti nel mese di Maggio 2024.



Figura 1: Area del rilievo.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

2. Modalità esecutive dei rilievi batimetrici MULTIBEAM

Al fine di ottenere una conoscenza dettagliata dello stato attuale dei fondali dell'area in oggetto è stato effettuato un rilievo batimetrico con strumentazione multibeam e singlebeam nei bassissimi fondali.

I rilievi batimetrici sono stati effettuati principalmente a mezzo di un piccolo natante opportunamente attrezzato per l'esecuzione di rilievi Idrografici. Le indagini sono state svolte con mare calmo e in assenza di vento. Le sezioni di scandagliamento sono state effettuate a velocità costante e bassa lungo rotte prefissate.

2.1. Inquadramento geodetico e datum verticale

Il sistema geodetico utilizzato è il sistema di coordinate UTM32 ETRF 2000.

Le quote ortometriche sono riferite allo zero IGM ovvero Genova 1942 utilizzando il mareografo della rete ISPRA presso la stazione di Livorno e verificato sulla rete dei caposaldi dell'Autorità Portuale.

2.2. Sistema di Posizionamento

Il sistema di posizionamento utilizzato per il rilievo batimetrico è costituito da una un ricevitore doppia frequenza RTK GNSS. Il posizionamento dell'imbarcazione è stato ottenuto mediante tecnica cinematica differenziale con correzioni di fase in tempo reale (RTK) attraverso le correzioni distribuite via GSM dalla rete di stazioni permanenti SmartNet ItalPos posizionate nel territorio. Il ricevitore, ubicato a bordo dell'imbarcazione (Rover), applica la correzione differenziale ricevuta tramite link GSM al fine di calcolare la posizione assoluta dell'antenna GPS con una accuratezza centimetrica e una frequenza di aggiornamento di 0.1 s.

2.3. Correzione del livello dell'acqua

Per la determinazione dei livelli dell'acqua durante l'esecuzione dei lavori, necessari per la correzione dei dati batimetrici acquisiti, sono state utilizzate le informazioni di quota fornite dal sistema GPS di tipo RTK e registrate in tempo reale dal sistema di navigazione; questa tecnologia offre notevoli vantaggi e garanzie nella accuratezza della stima.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

Calcolando infatti il GPS, oltre che le coordinate, anche la quota assoluta del trasduttore in tempo reale e con precisione centimetrica, diventa possibile, in abbinamento con i dati provenienti dall'ecoscandaglio, correggere automaticamente tutte le oscillazioni della superficie dell'acqua durante il rilievo.

2.4. Rilievo M.b.e.s

l rilievo batimetrico è stato eseguito con un sistema Idrografico multi-fascio a frequenza fissa MBES modello "NORBIT Iwbms" (Figure 2; 3). Le principali caratteristiche dello strumento sono le seguenti:

- *Range batimetrico: 0,2-275 m (>300 m con 0,9° X 0,9°);*
- *Accuratezza Heading: 0,03° (RTK) separazione antenna 2 m;*
- *Accuratezza Pitch/Roll: 0,02° indipendente da separazione antenna;*
- *Accuratezza Heave: 2 cm o 2% (TRUEHEAVETM), 5 cm o 5% (REAL TIME).*



Figura 2: Trasduttore del Mbes

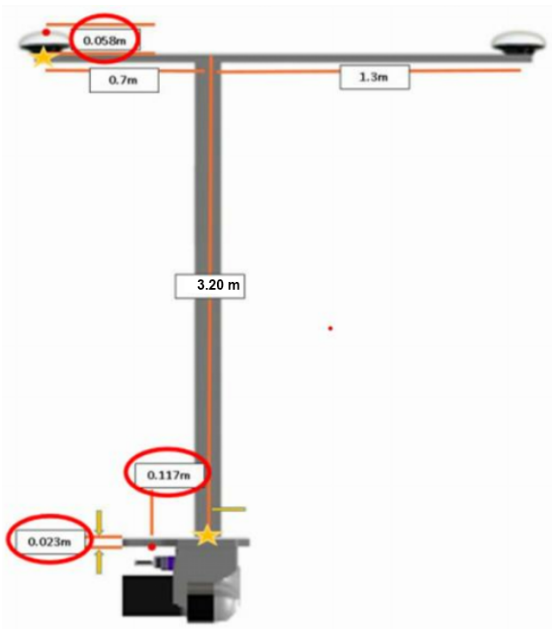


Figura 3: Offset Applanix con MBES Norbit.

La configurazione dell'imbarcazione per i rilievi batimetrici prevede l'installazione del trasduttore MBES a palo sulla murata destra. Trattandosi di un sistema integrato con le due antenne installate in asse con il palo, tutti gli offset sono stati riportati a 0 inserendoli nel software della Norbit riferendoli alla flangia superiore dello strumento (la stella gialla in figura). É stata poi misurata l'immersione della flangia di riferimento rispetto al livello dell'acqua ed è stato inserito come Draft nel vessel file. Lo schema seguente mostra la configurazione strumentale adottata per il Rilievo MBES (Figura 4).

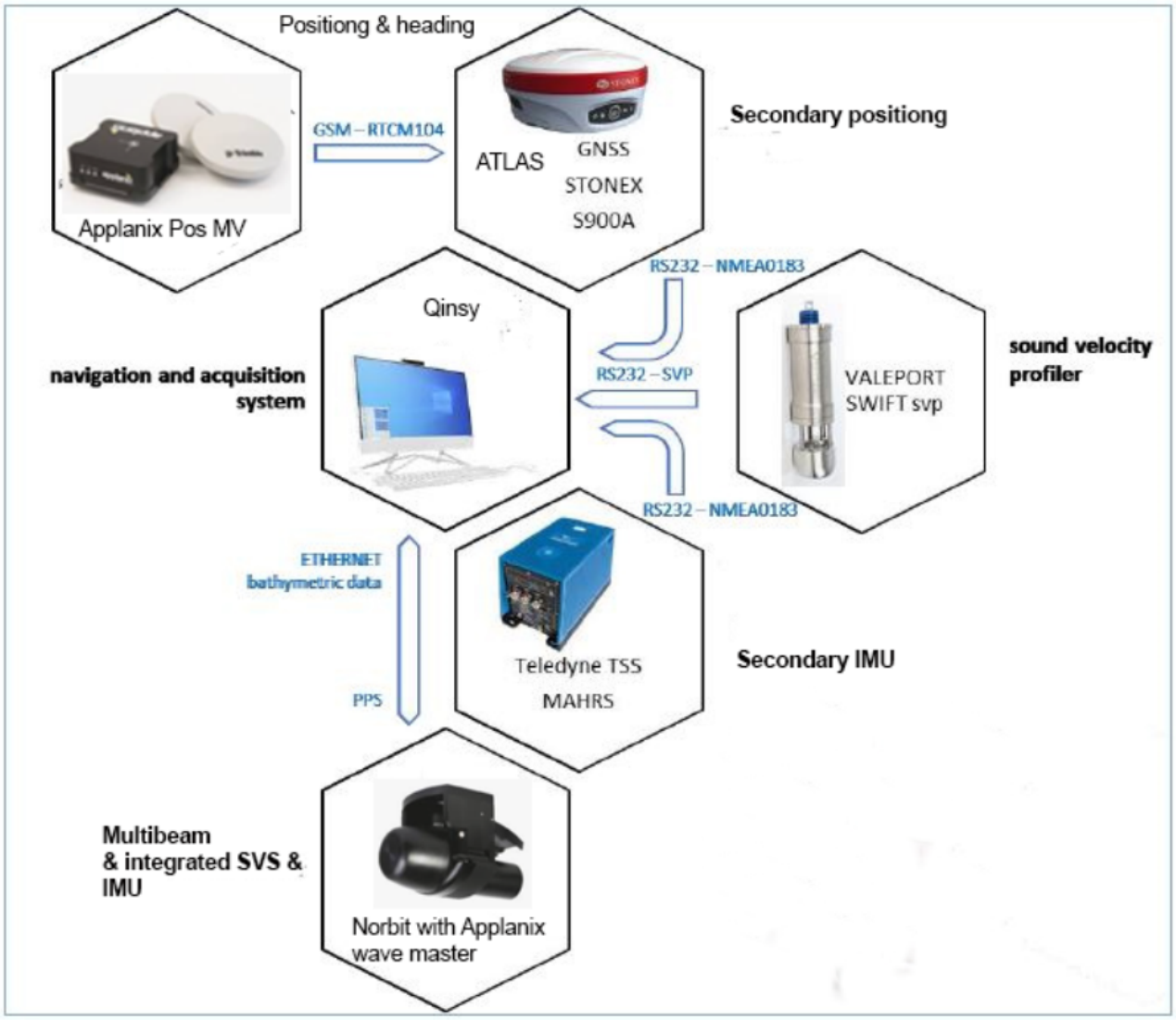


Figura 4: Schema Strumentale Rilievo MBES.

Il sistema di navigazione e acquisizione dati batimetrici è costituito da un computer equipaggiato con il Software QINSY (Figura 5).

I sensori APPLANIX WAVE MASTER sono integrati nello strumento e interfacciati via lan al suddetto computer che ha provvederà alla registrazione dei dati in formato proprietario.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

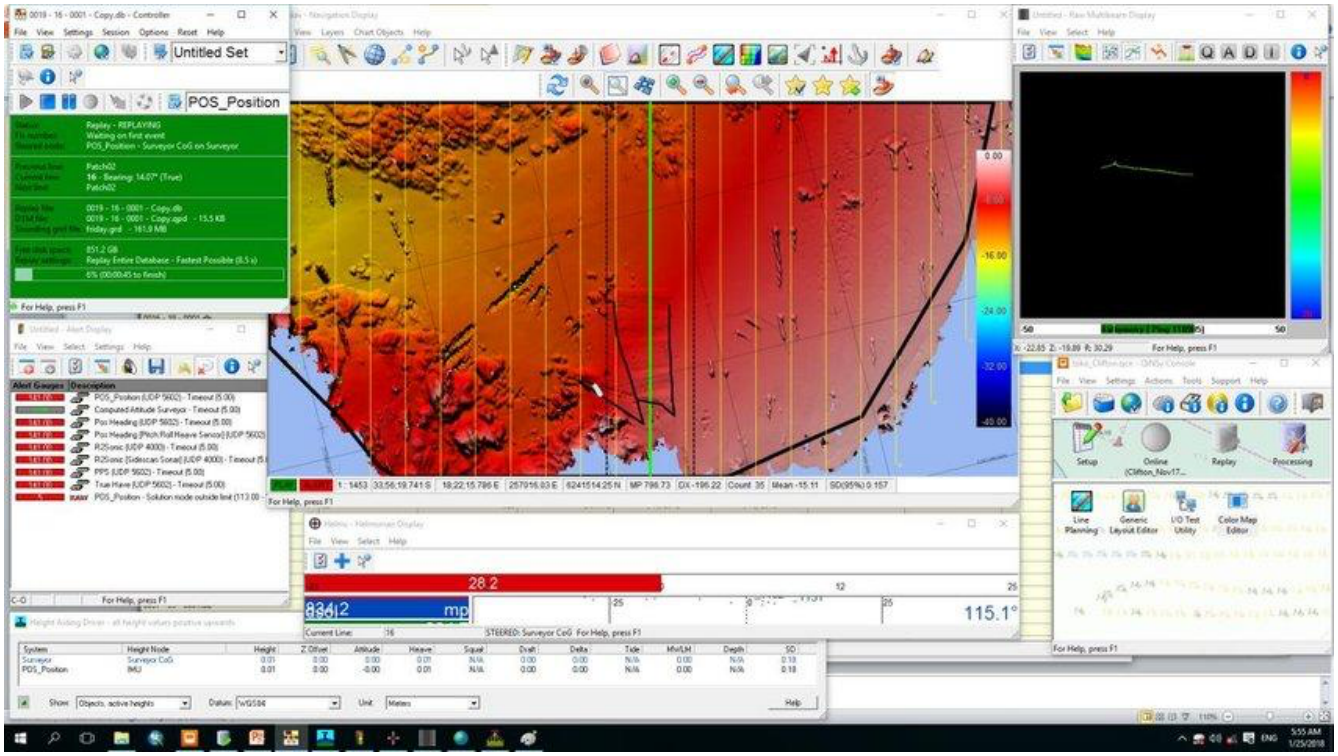


Figura 5: Interfaccia software acquisizione QINSY.

Quotidianamente o comunque prima di ogni sessione di rilievo, sono stati effettuati controlli sulle apparecchiature di posizionamento mediante il collocamento delle stesse su vertici di riferimento presenti nei pressi dell'area oggetto di indagine sui quale eventualmente stazionare per la correzione RTK. Gli esiti dei controlli sui vertici così come la qualità dei rilievi saranno accettati per accuratezza planimetriche non eccedenti a +/- 10 cm per le coordinate planimetriche e +/- 5 cm per le coordinate altimetriche.

La qualità dei dati di posizionamento in tempo reale durante l'esecuzione dei rilievi è monitorabile ed assicurata dai sistemi di allarme disponibili nel pacchetto software. Questi sistemi avvisano l'operatore nel caso in cui la qualità dei dati GPS superi alcuni valori preimpostati (HDOP, modalità GPS, deviazione standard, ecc.).

In dettaglio, saranno attivati allarmi automatici per lo status del sistema GPS (RTK fixed, RTK Floating, DGPS, GPS, Stand-Alone) in modo tale da bloccare l'acquisizione di dati batimetrici nel caso in cui lo status RTK fixed fosse perso. Questo sistema permette di non acquisire in nessun caso dati di posizione (e quindi batimetrici) non rispondenti alle specifiche richieste.

Il rilievo batimetrico è stato effettuato a copertura totale della zona da indagare e con overlap degli swath di almeno il 35%.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

2.5. Calibrazioni e off-set

La posizione di tutti gli strumenti è stata misurata rispetto al CRP (Common Reference Point) e i valori sono inseriti nel software di acquisizione per le dovute correzioni in tempo reale (Figura 6).

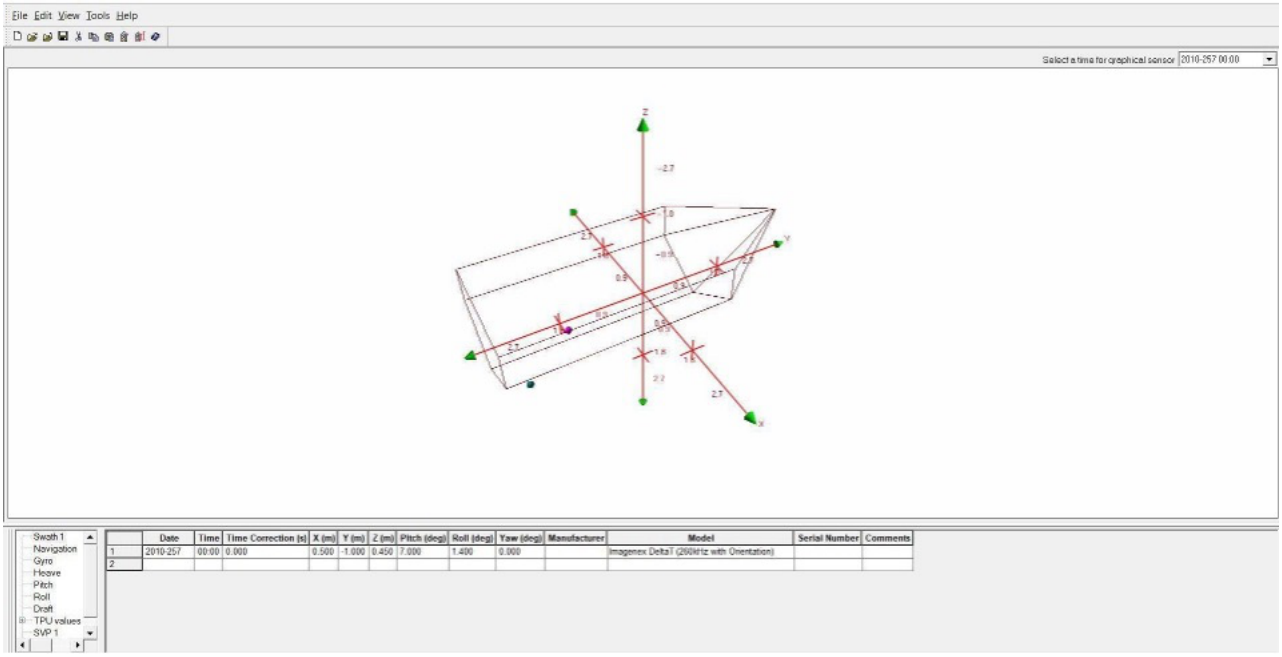


Figura 6: Vessel file.

Al fine quindi di eliminare eventuali errori sistematici nei dati acquisiti, sono state accuratamente misurate la posizione orizzontale e la quota di tutti i sensori installati a bordo dell'imbarcazione mediante stazione totale. Tutte le posizioni misurate sono state poi inserite nel sistema di navigazione.

Lo strumento è stato calibrato per mezzo di "Bar Check" ponendo la piastra ad una profondità vari metri; tale operazione è stata eseguita posizionando una piastra metallica ad una profondità nota al di sotto del trasduttore, in questa maniera è stato possibile, leggendo e registrando il dato acquisito, verificare il corretto funzionamento dello strumento ed eseguire un controllo della misura dell'immersione dello stesso.

La calibrazione della girobussola doppia antenna GNSS della Applanix POS MV invece è stata eseguita con il suo software dedicato per la calibrazione in cui viene seguito un wizard. Una volta partita la calibrazione la barca deve eseguire delle traiettorie a forma di "8" fino a quando il software non decreta la fine dell'operazione. L'IMU è integrata con la testa del Multibeam. Il risultato della calibrazione è riportato in figura 7.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

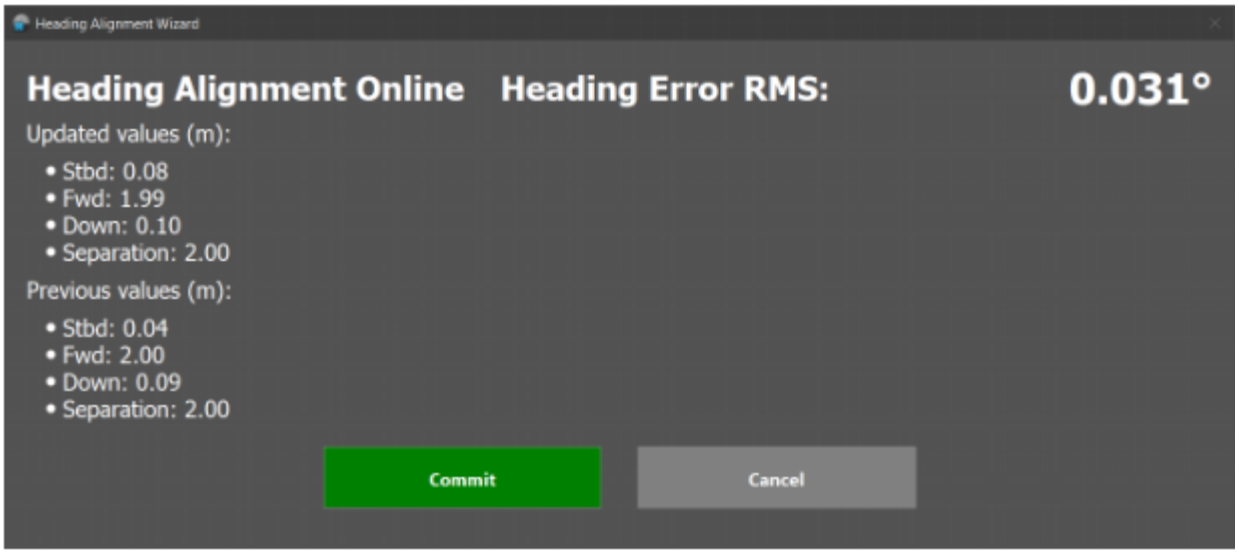


Figura 7: Risultato della calibrazione della girobussola per i rilievi MBES.

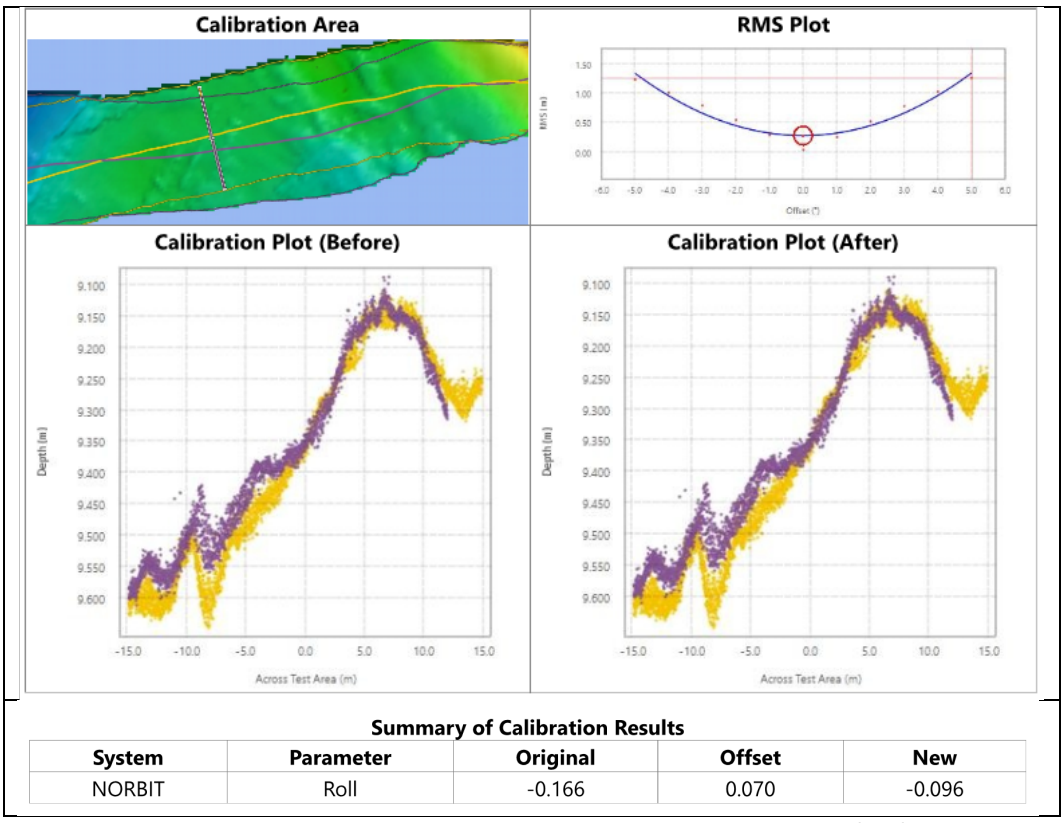
Per verificare la presenza di eventuali offset dovuti alla configurazione di montaggio della strumentazione è stata realizzata la procedura di calibrazione (Patch Test) con software Qimera:

- **Calibrazione del rollio (roll)** – Per la calibrazione del rollio vengono acquisite due linee in senso opposto in un area piatta, in questo caso la determinazione dell'offset avviene tramite il confronto dei due profili trasversali acquisiti nello stesso punto. Dall'angolo tra i due profili si ricaverà l'offset da applicare.
- **Calibrazione del beccheggio (pitch)** – L'offset da applicare per la calibrazione del beccheggio viene calcolato dal confronto di due linee acquisite in senso opposto trasversalmente ad una scarpata in modo che in caso di presenza di offset risulteranno traslati longitudinalmente. Per una buona determinazione dell'offset è consigliabile che tali linee vengano rilevate in una zona caratterizzata da elevata acclività del fondale o presenza di rotture del pendio.
- **Calibrazione Yaw –** Per la calibrazione dello Yaw vengono acquisite due linee nella stessa direzione lateralmente ad un ostacolo in modo che questo venga acquisito con due lati diversi dello swath. Facendo combaciare la posizione dell'oggetto sulle due spazzate si ricava l'angolo di disallineamento dello Yaw.

Tabella 1: Errori di disallineamento del trasduttore MBES

Tipo di Calibrazione	Tipo di Misurazione	Cause d'errore	Effetto relativo sulla profondità
Roll	Offset angolare di Roll tra Trasduttori ed MRU	Non allineamento tra trasduttori ed MRU	Forte
Pitch	Offset angolare di Pitch tra Trasduttori ed MRU	Non allineamento tra trasduttori ed MRU	Debole
Heading (Yaw)	Offset angolare tra Girobussola ed asse dell'imbarcazione (Trasduttori)	Non allineamento tra trasduttori MRU e bussola.	Medio

Le linee sono state elaborate tramite il modulo di calibrazione del software Qimera che permetterà il calcolo accurato dei valori di disallineamento (Figure 8; 9; 10). Vengono qui di seguito riportati i valori di correzione apportati al software risultanti dalle calibrazioni.

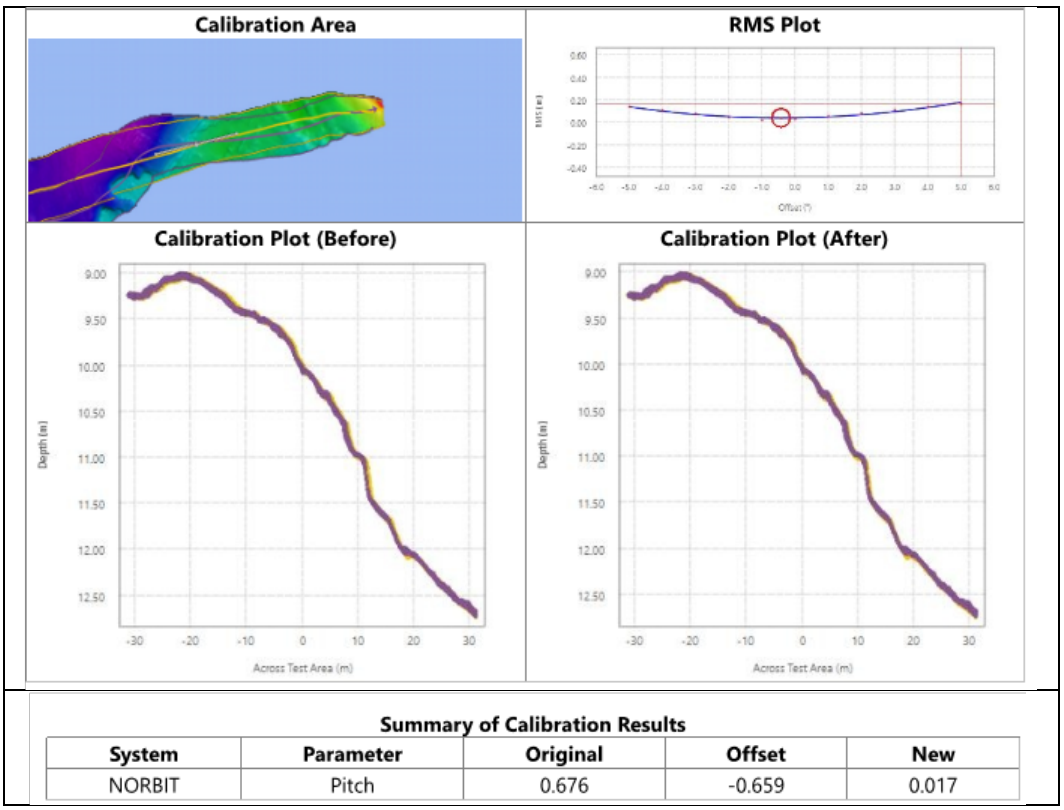


Summary of Calibration Results

System	Parameter	Original	Offset	New
NORBIT	Roll	-0.166	0.070	-0.096

Figura 8: Finestra di Qimera relativa agli step di calibrazione del Rollio (Roll)

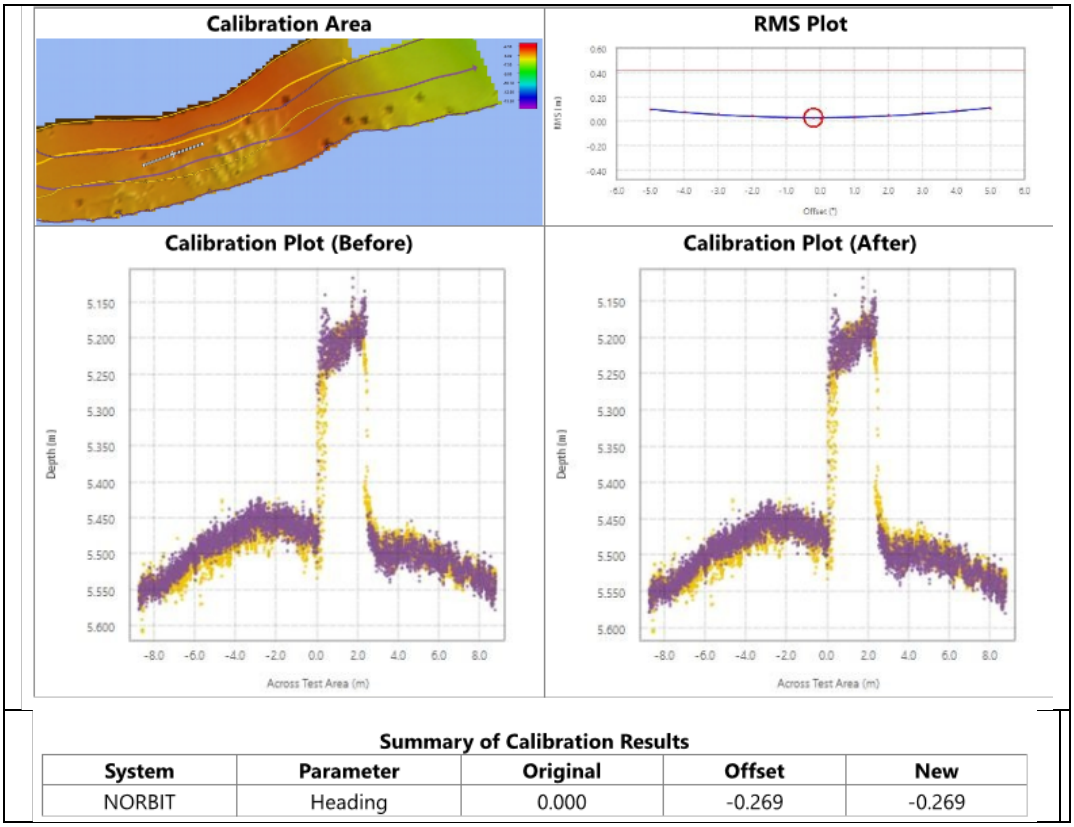
COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc



Summary of Calibration Results

System	Parameter	Original	Offset	New
NORBIT	Pitch	0.676	-0.659	0.017

Figura 9: Finestra di Qimera relativa agli step di calibrazione del Beccheggio (Pitch)



Summary of Calibration Results

System	Parameter	Original	Offset	New
NORBIT	Heading	0.000	-0.269	-0.269

Figura 10: Finestra di Qimera relativa agli step di calibrazione dell'orientamento della Sonar Head (Yaw).

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

Per la determinazione del profilo di velocità del suono in acqua è stata utilizzata una sonda SVP (Figura 11). Lo strumento, alimentato autonomamente da batterie stilo, permette quindi di immergerlo liberamente senza alcun cavo di collegamento.

Le misure di SVP sono state immesse direttamente nel software di acquisizione.



Figura 11: SWIFT SVP Valeport utilizzata per la profilazione della velocità del suono

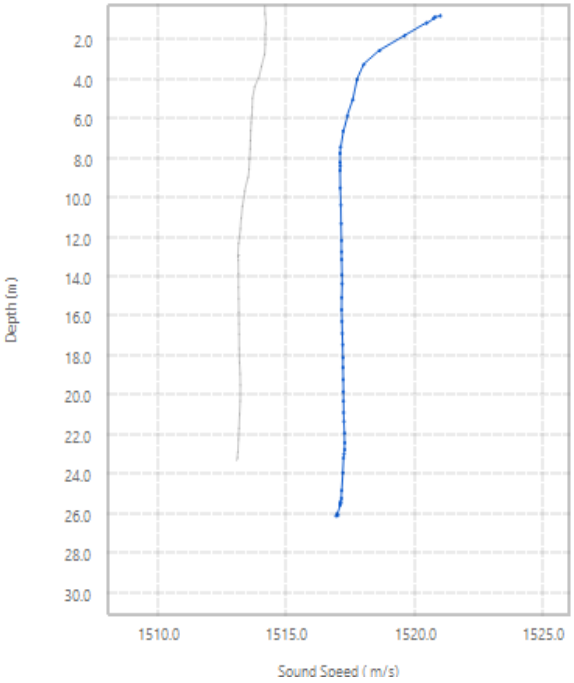


Figura 12: Profilo di velocità del suono

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

2.6. Elaborazione dati

I dati sono stati elaborati con il software Qimera 2.5.1.

I dati batimetrici saranno trattati secondo le seguenti fasi operative:

- *Processing e controllo di qualità;*
- *Creazione delle curve di livello;*
- *Creazione modelli 3D dei dati;*
- *Creazione di profili 2D;*
- *Preparazione cartografia finale.*

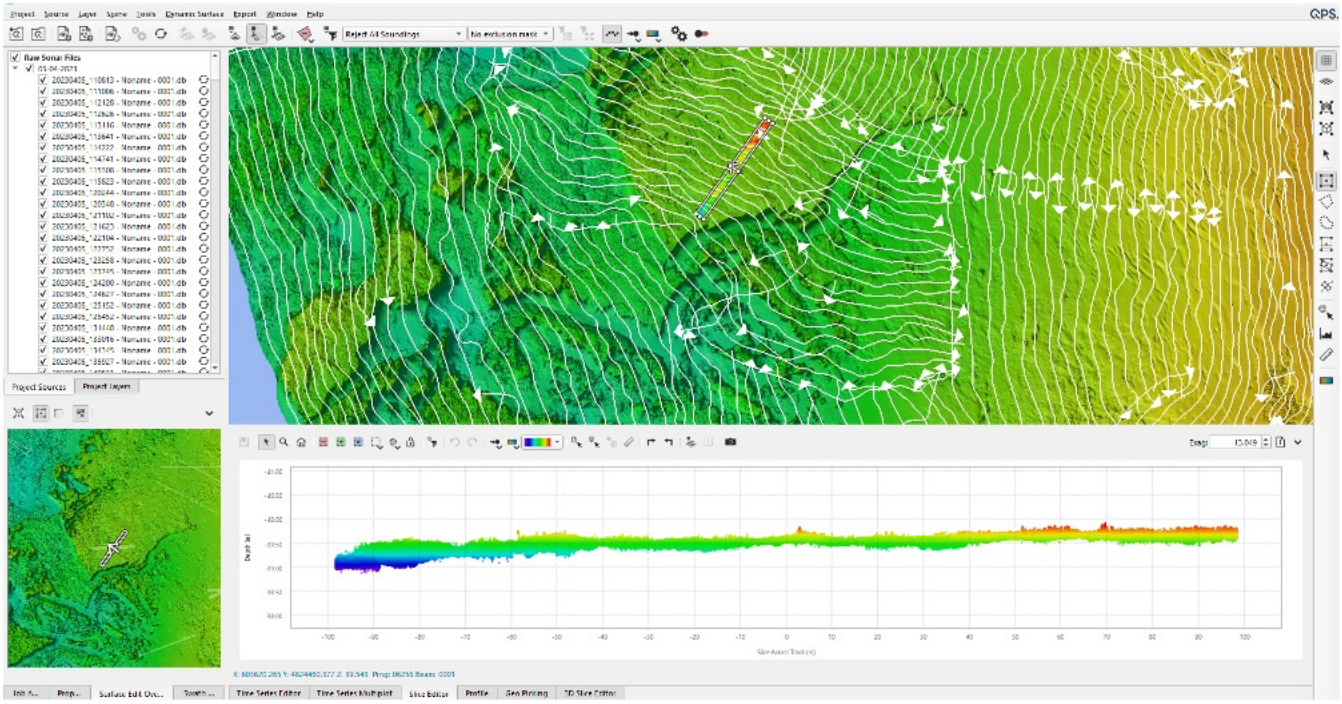


Figura 13: Interfaccia software Qimera

Il ***processing*** dei dati è stato eseguito secondo successive fasi operative (Figura 14):

Fase 1: verifica e "pulizia" delle rotte di navigazione, delle correzioni di heave-pitch-roll, di marea, di draft e di velocità del suono. Si possono applicare vari filtri per l'eliminazione di dati non statisticamente validi, di cattiva qualità, o al di fuori di range di profondità stabilita. Esegue quindi un controllo di qualità su filtri stabiliti dall'utente. Possono inoltre essere modificate le rotte di navigazione e la marea può essere ricalcolata utilizzando opportuni moduli.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

Fase 2: Editing. L'utente può esaminare il dettaglio preciso del fondale utilizzando un apposito visualizzatore In questa fase possono essere applicati dei filtri geometrici automatici per l'eliminazione degli errori. In più, possono essere corretti manualmente gli errori visualizzando i dati in varie modalità: tridimensionalmente, longitudinalmente o perpendicolarmente alla rotta eseguita.

Fase 3: I punti sono raggruppati in celle e filtri statistici possono essere applicati in base alla distribuzione dei valori di z in ogni cella. Possono essere applicati anche appositi filtri per cercare di eliminare l'eventuale presenza di vegetazione (alghe, posidonia ecc…) e riportare quindi la quota a quella reale del fondale.

Questa fase permette anche la riduzione dei dati e la creazione del DTM secondo la cella desiderata, funzione anche della densità dei punti. I dati vengono quindi salvati, generalmente come XYZ.

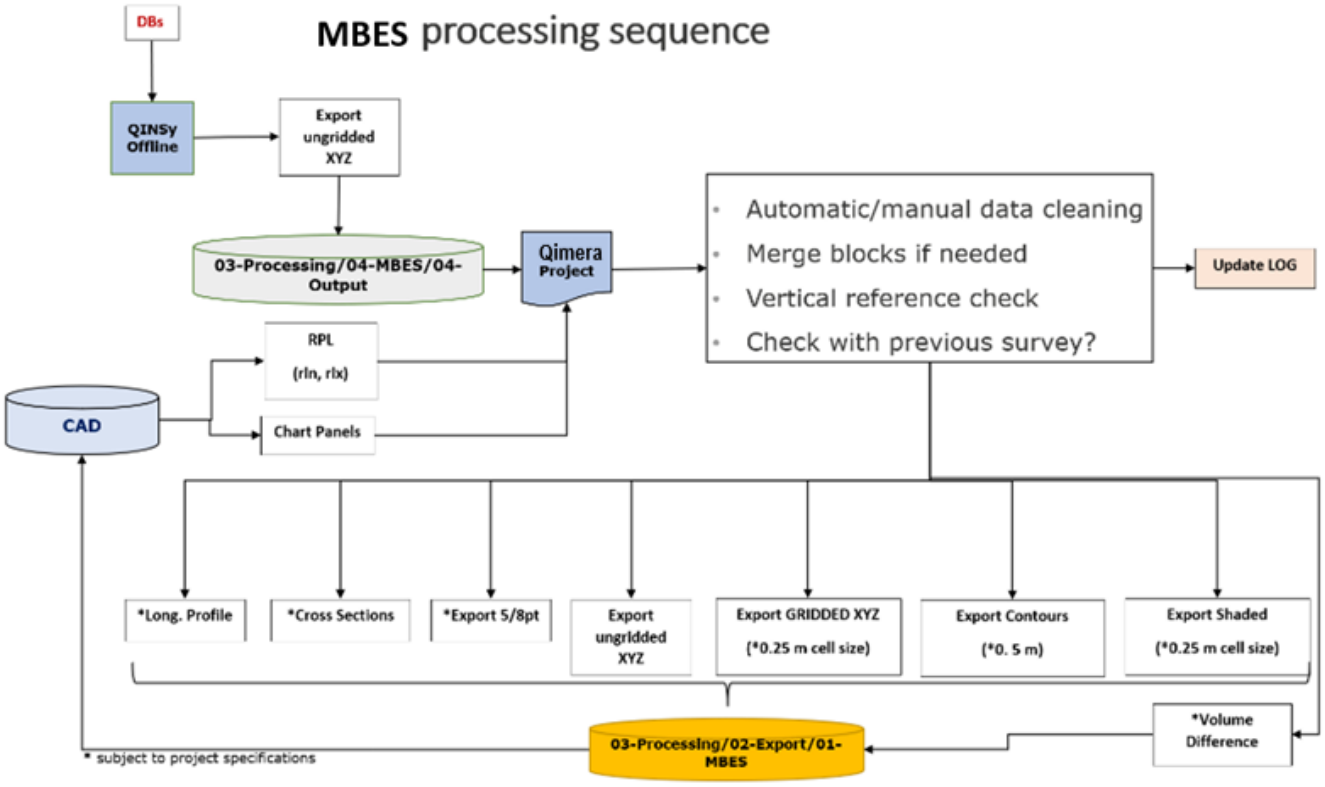


Figura 14: Schema elaborazione dati MBES.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

3. Restituzione dei dati

Per quanto riguarda la restituzione cartografica dei rilievi batimetrici sono state fornite delle tavole con la mappa batimetrica dell'area oggetto di indagini ricavata da un DTM del terreno a maglia 25cm.

Per quanto riguarda la restituzione cartografica sono stati utilizzati anche i software Surfer 12 e Autocad Map 2022 (Figura 15).

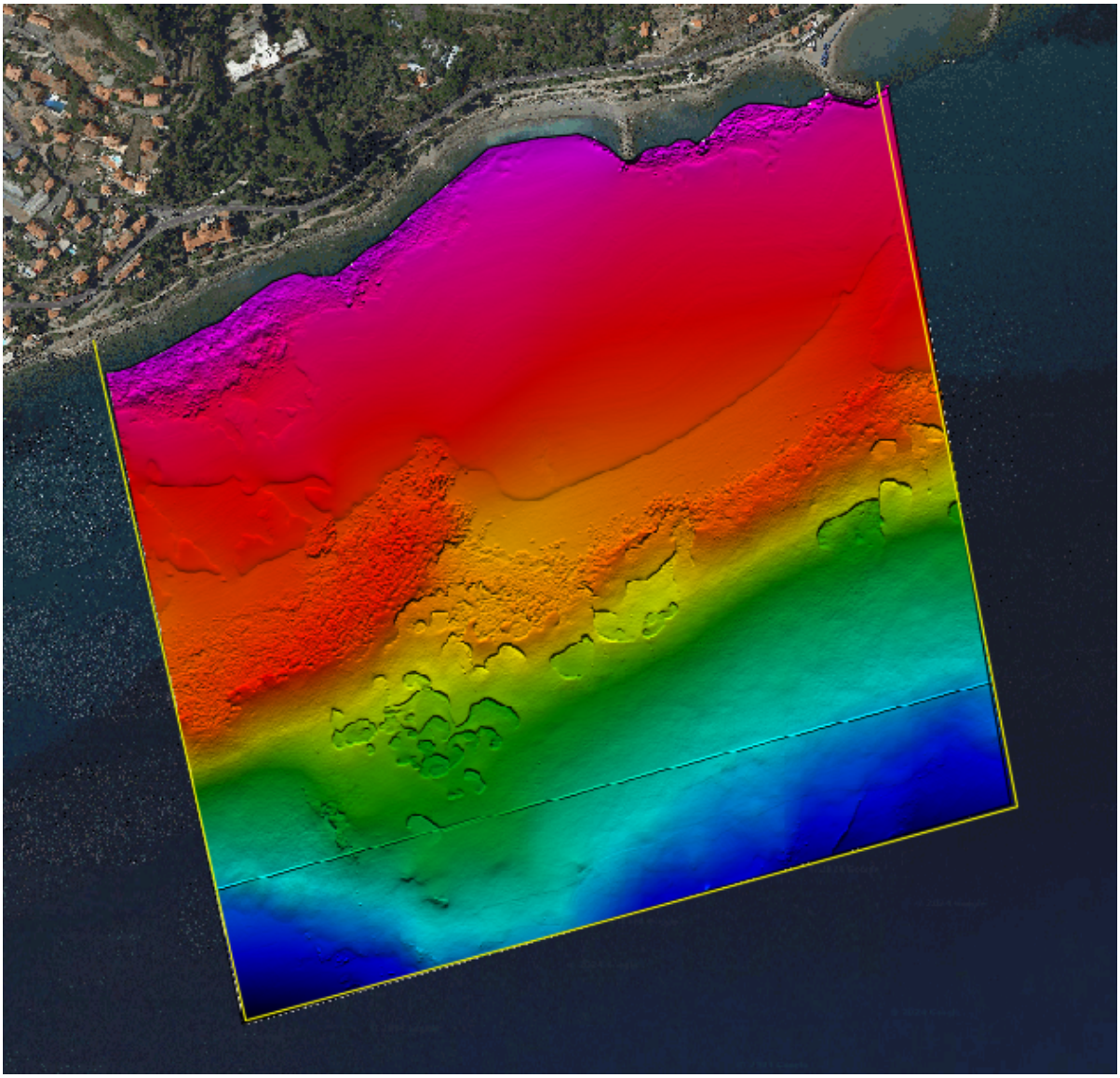


Figura 15: Immagine Multi Beam

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

4. Rilievo SINGLE BEAM

I fondali compresi tra la batimetrica dei 0.5 m e quella dei 2.5m circa sono stati rilevati con tecnologia single beam seguendo delle tracce ortogonali a costa in modo da rilevare la morfologia dei primi fondali.

4.1. Strumentazione utilizzata

L'ecoscandaglio utilizzato è di tipo idrografico con una risoluzione digitale di 1 cm. La frequenza adottata è di di 200 KHz; un buon compromesso per garantire un rilievo accurato del fondale con poca interferenza della colonna d'acqua. Il cono di emissione dello strumento è di 9° per una elevata risoluzione. Per garantire la congruenza tra misure di profondità e planimetriche l'ecoscandaglio è stato posizionato in asse al ricevitore per la posizione planimetrica.

E’ stata utilizzata un GPS differenziale a doppia frequenza (L1-L2) con registrazione di codice e di fase e modalità RTK "on the fly" modello Leica System 530 con radio modem collegato alla stazione permanente Italpos.

Questa strumentazione garantisce una precisione, se opportunamente utilizzata, estremamente elevata (10mm + 2ppm rms in tempo reale e 3mm + 0.5ppm rms in modalità statica).

E’ stato utilizzato un software di nostra produzone (Nettuno 2) che gestisce il’acquisizione contemporanea dei dati provenienti dall’ecoscandaglio e dal sistema di posizionamento, il GPS in questo caso secondo le frequenze di arrivo prestabilite. Il software è compatibile con il formato prioritaro della Leica per l’acquisizione in tempo reale delle coordinate planimetriche e della quota provenienti dal GPS e già trasformate nel sistema di riferimento adottato; UTM 32 per questo lavoro.

Con questo software la navigazione può avvenire in modo libero oppure vincolato a percorsi predefiniti (sezioni) come in questo caso, e l'acquisizione dei punti automaticamente assoggettata ai filtri scelti: acquisizione a tempo, a distanza, con controllo dell'operatore e, nel caso di sezioni, entro una fascia definita nell'intorno della sezione stessa. Queste modalità lasciano all'operatore la concentrazione necessaria a pilotare l'imbarcazione sui percorsi scelti, mentre il programma agisce autonomamente.

Il rilievo è stato eseguito con mare completamente calmo ed in assenza di vento. Le sezioni di scandagliamento sono state effettuate con imbarcazione che si muoveva a velocità costante e bassa lungo le rotte prefissate. Ad inizio e fine rilievo si è proceduto alla taratura dell’ecoscandaglio.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

l GPS di bordo trasmette in tempo reale, frequenza di acquisizione di 0.2 secondi, le coordinate (Est, Nord e quota IGM) al software di navigazione.

L'operatore sul natante dirige l'imbarcazione seguendo le indicazioni sul video del calcolatore, ove è indicata la retta che rappresenta la linea teorica da rilevare e la posizione attuale del natante.

Una volta portata l'imbarcazione in allineamento con la sezione da rilevare, l'operatore segue con maggior precisione possibile la linea di progetto visualizzata, iniziando l'acquisizione dei dati. Sono inoltre visibili il fuori-rotta, la velocità in nodi, l'angolo di governo, la distanza dall'inizio e dal fine rotta, il numero di evento e altri valori utili per il rilievo.

Questa tecnologia offre notevoli vantaggi; calcolando infatti il GPS, oltre che le coordinate planimetriche, anche la quota assoluta del trasduttore in tempo reale e con precisione centimetrica, diventa possibile, in abbinamento con i dati provenienti dall'ecoscandaglio, correggere automaticamente tutte le oscillazioni della superficie marina (marea, onde, sovralzo dovuto alla massa d'acqua spinta dal vento) durante il rilievo batimetrico.

Per questo anche l'immersione dell'ecoscandaglio dal pelo dell'acqua, -0.30 m durante l'intero rilievo, è stata precedentemente impostata e automaticamente corretta.

Con questa metodologia, come visto, non occorre operare le correzioni di marea e di pressione atmosferica per la riduzione a livello mare a posteriori, in più tutte le oscillazioni verticali vengono automaticamente prese in considerazione.

Avendo eseguito il rilievo direttamente in formato digitale tutti i dati sono stati registrati sul disco magnetico come una strisciata digitale in codice "ascii" secondo il formato caratteristico del programma. Il file contiene per ogni punto, le coordinate planimetriche WGS84-UTM32 e la profondità del fondo riferita allo zero assoluto.

4.2. Elaborazione dati Single Beam

I dati acquisiti dopo essere stati puliti da tutti gli spikes sono stati interpolati per creare grid a maglia 2mX2m. Tale DTM è sato a questo punto unito e uniformato al DTM proveniente dal rilievo multibeam per la restituzione delle carte (Figura 16).

Per l'elaborazione e la pulizia dei dati si è utilizzato i software Nettuno e Surfer

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

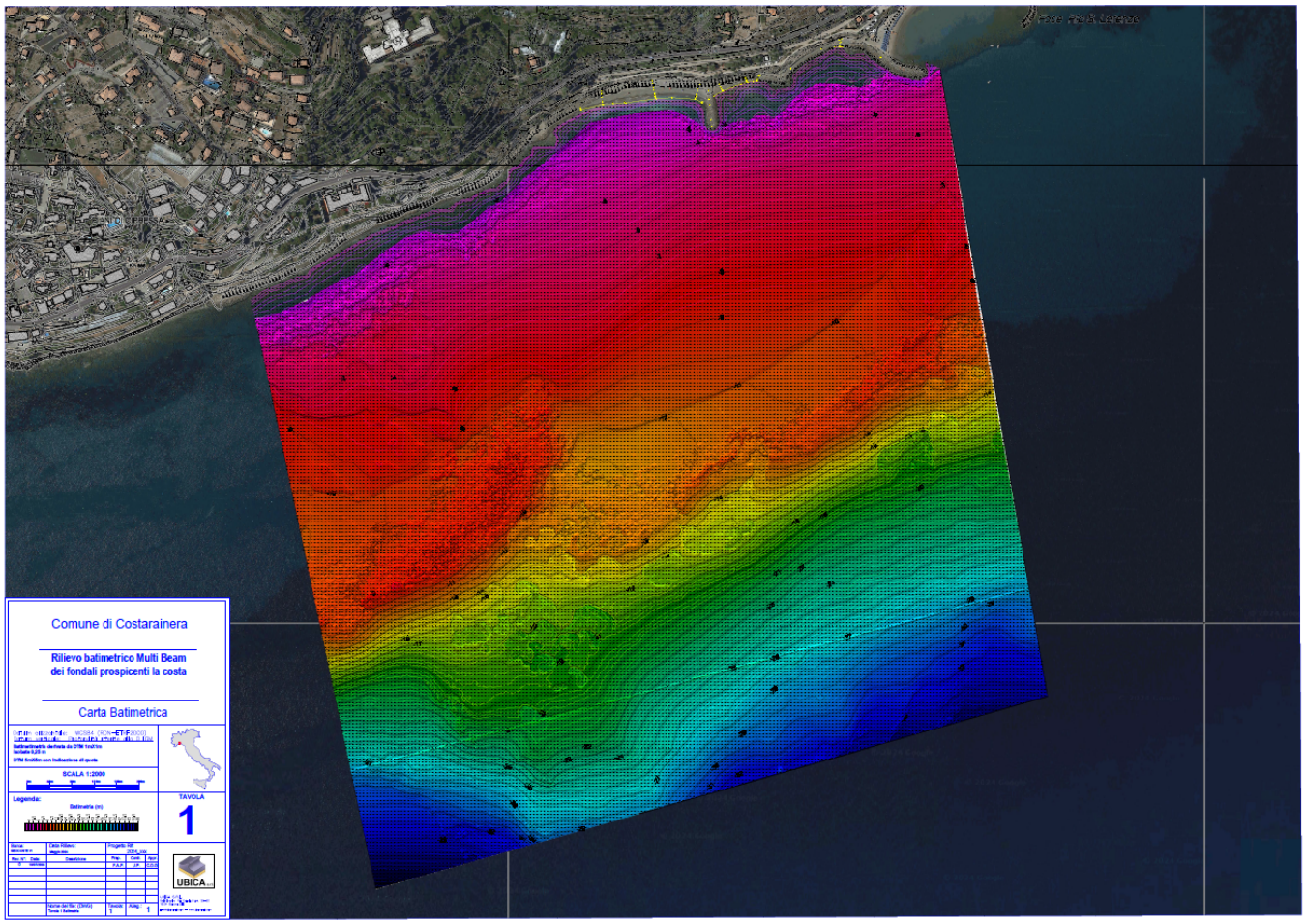


Figura 16: Batimetria complessiva

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

5. Rilievo topografico

Il rilievo topografico è stato condotto dalla battigia fino alle profondità di circa -1 m non raggiungibili con l'imbarcazione ed è stato collegato al rilievo singlebeam. Inoltre, è stata rilevata la linea di riva corrispondente con lo zero IGM (Figura 17). Grazie alla tecnologia GPS RTK via radio modem collegato alle stazioni permanenti Italpos non è più necessario utilizzare basi fisse per il rilievo ma abbiamo comunque utilizzato i caposaldi presenti in zona per verificare il perfetto funzionamento della strumentazione.

I GPS utilizzati sono Leica modello 1250 le cui caratteristiche sono le medesime descritte nel paragrafo relativo al rilievo single beam.

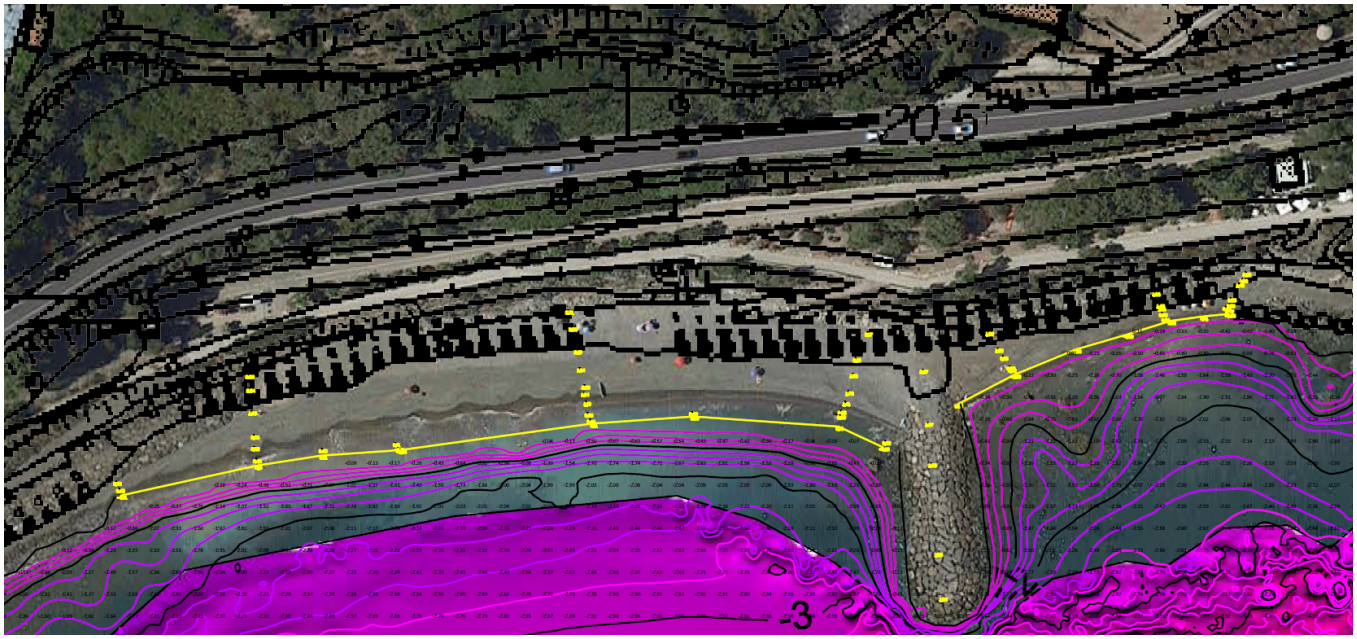


Figura 17: Particolare del rilievo topografico sulla spiaggia emersa e delle batimetrie single beam sui primi fondali.

COMUNE DI COSTARAINERA - Prot 0003476 del 30/07/2024 Tit 10 Cl Fasc

6. Mezzi nautici

I rilievi sono stati condotti operando a bordo della M/B “GEO COSTE VI”. L’imbarcazione ha una lunghezza di 4,50 m e una larghezza di 2,08 m ed è attrezzata con un palo e flangia (a prua) costruito appositamente per questo impiego (Figura 18).





Caratteristiche principali dell’imbarcazione “Geocoste VI”	
Armatore	Geocoste Snc
Tipo	LED5 G5
Nome	GEO COSTE VI
Categoria	C
Anno di Costruzione	2000
Bandiera	ITALIANA
Immatricolazione	Uso Conto Proprio
Stazza Lorda	0.96 t
Lunghezza	4.5 m
Larghezza	2.08 m
Altezza Costruzione	0.75 m
Pescaggio	0.5 m
Portata Max	630 Kg
Velocità Massima	30 Kt
Velocità Minima	1 Kt
Navigazione	Nazionale Litoranea entro 1 miglio
Matricola	SP 4602
Compartimento	Livorno

Strumenti di Navigazione e Comunicazione	
Bussola	Si
Radar	No
Ecoscandaglio	Si
GPS	Si
Radio-Telefono	Si
Fax	No
Altro	Generatore 2KW

Figura 18: L’imbarcazione utilizzata per l’esecuzione dei rilievi