

ALLEGATO:

4



## CONSORZIO DI BONIFICA DELLE MARCHE

PROGETTO PER LA RIMOZIONE DELLE  
TERRE DAL LAGO DI MERCATALE  
IN COMUNE DI SASSOCORVARO  
PESARO E URBINO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA  
ED ECONOMICA

RILIEVO BATIMETRICO  
GEOMARINE S.R.L.

DATA :  
Maggio 2016

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
Dott. Ing. ALESSANDRO APOLLONI  
Dott. Ing. Alessandro Apolloni  
DELLA PROV. DI ASCOLI PICENO

IL DIRETTORE DELL'AREA TECNICA :  
Dott. Ing. Riccardo Treggiari

COLLABORATORI:

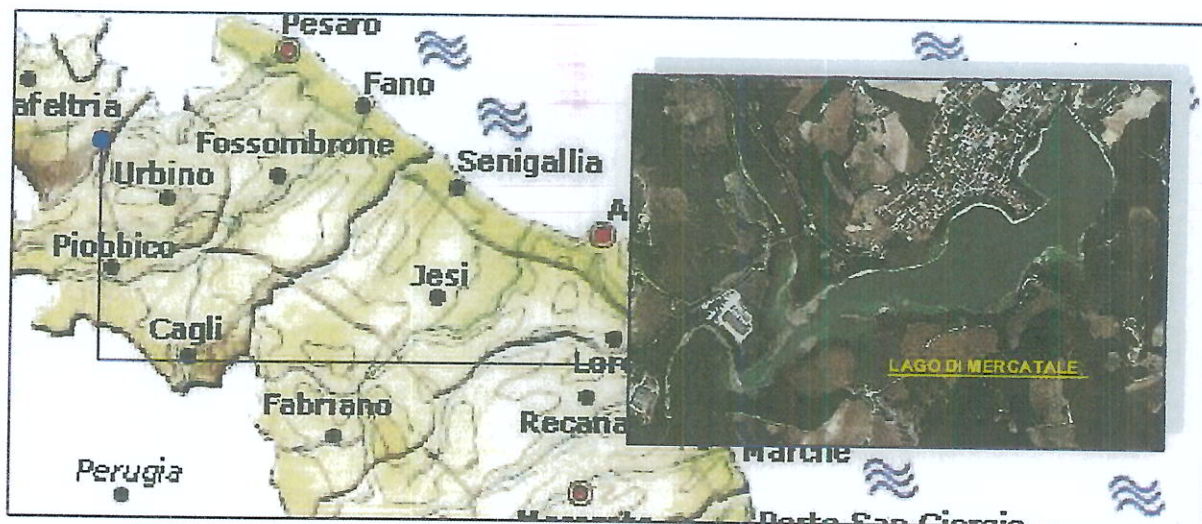
Ing. Alice Marconi  
Ing. Elena Cantalamessa  
Ing. Luca Fraticelli  
Arch. Tec. Anna Gardenes Gomez

CONSORZIO DI BONIFICA  
DELLE MARCHE  
IL PRESIDENTE  
(Avv. Claudio Netti)



**Consorzio di Bonifica Integrale dei Fiumi Foglia-Metauro-Cesano**  
**Via Jesi, 28**  
**61122 - Pesaro (PU)**

**RILIEVI BATIMETRICI MULTIBEAM**  
**Lago "Mercatale" di Sassocorvaro (PU)**



**RELAZIONE TECNICA**

**Maggio 2013**

**Geomarine S.r.l.**

- Via Guidi, 3/4 - 60019 - Senigallia (AN) - Tel.: +39.071.660.83.46 - Fax: +39.071.661.07.75 - C.F./P.IVA: 01489600427  
Numero R.E.A.: 145740 - Registro Imprese di ANCONA n. 01489600427 - Capitale Sociale € 20.000,00 i.v.  
<http://www.geomarine.it> - e-mail: [info@geomarine.it](mailto:info@geomarine.it) - PEC: [geomarine\\_srl@sicurezzapostale.it](mailto:geomarine_srl@sicurezzapostale.it)



1. INTRODUZIONE .....	3
2. SCOPO DEL LAVORO.....	4
3. AREA DI LAVORO .....	4
4. DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI .....	5
4.1 Definizioni .....	5
4.2 Abbreviazioni .....	5
5. RISORSE IMPIEGATE .....	6
5.1 Risorse umane .....	6
5.2 Mezzo Navale.....	7
5.3 Sistema di posizionamento e di navigazione.....	8
5.4 Sistema MULTIBEAM .....	9
5.5 Girobussola – Sensore di Moto .....	12
6. TEMPISTICA .....	13
7. ELABORAZIONE DATI.....	13
8. CALCOLO VOLUME.....	14
9. CONCLUSIONI .....	15

- . SCHEDE TECNICHE STRUMENTAZIONI
- . MULTIBEAM CALIBRATION SUMMARY
- . TAVOLE:
  - . TAVOLA 1: CARTA BATIMETRICA Scala 1:1000
- . CD contenente tutti i dati presenti in relazione in formato digitale

Rev.	Data	Motivazione	Capitolo/i	Pagina/e
0	27 maggio 2013	Emissione per approvazione	Tutti	Tutte
Geomarine		Dr. Geol. Danilo Bonazza		
Preparato		Verificato		

## 1. INTRODUZIONE

In seguito all'incarico ricevuto dal Consorzio di Bonifica Integrale dei Fiumi Foglia - Metauro - Cesano di Pesaro (PU), Geomarine S.r.l. ha eseguito una campagna di rilievi batimetrici di dettaglio nello specchio acqueo delimitato dal bacino di invaso della centrale idroelettrica di Sassocorvaro rappresentato dal Lago di Mercatale.

Questo documento descrive le diverse attività svolte, le quali sono state eseguite da personale specializzato e formato ed in conformità ai requisiti della normativa vigente in materia e secondo le procedure di qualità aziendale interne definite dalle norme UNI EN ISO 9001/2008 e dai principali standard IMCA ed IHO.

Le attività sono state svolte secondo turni lavorativi sulle 12 ore giornaliere e diurne e con settimana lavorativa considerata di 7 giorni.

Il rapporto comprende dettagliata descrizione delle risorse impegnate e le metodologie del rilievo (calibrazione, acquisizione) e processamento dati utilizzati.



Zona di indagine (in rosso: rilievo MBES)



## 2. SCOPO DEL LAVORO

La finalità del rilievo batimetrico dello specchio acqueo dell'area in esame è stata quella di fornire la topografia aggiornata dell'invaso.

Il rilievo batimetrico è stato eseguito utilizzando un sistema di rilevamento di tipo multibeam, per tutta l'estensione dell'area in cui la profondità del fondale lacustre è compresa tra i circa 20 m e i circa 1.5 m (quota minima di sicurezza per la strumentazione ed imbarcazione).

## 3. AREA DI LAVORO

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Sassocorvaro, Provincia di Pesaro e Urbino, in corrispondenza della pianura alluvionale del Fiume Foglia.

Il rilievo batimetrico di dettaglio effettuato tra il 4 ed il 6 di marzo 2013 ha interessato un'area pari a circa 530.000 mq (53 ettari).



Estensione area rilevata

## 4. DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI

### 4.1 Definizioni

Cliente	Consorzio di Bonifica Integrale dei Fiumi Foglia – Metauro - Cesano
Appaltatore	Geomarine S.r.l.

### 4.2 Abbreviazioni

ACAD	Software Autocad
DGPS	Differential Global Positioning System
DTM	Digital Terrain Model
DWG	Estensione formato file Autocad
IHO	International Hydrographic Organization
IMCA	International Marine Contractors Association
MBES	MultiBeam Echo Sounder
MRU	Motion Reference Unit
SBES	SingleBeam Echo Sounder
SVP	Sound Velocity Profiler
SVS	Sound Velocity Sensor
UTM	Universal Transversal Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984



## **5. RISORSE IMPIEGATE**

Vengono di seguito riportate le caratteristiche principali delle risorse utilizzate per l'esecuzione dei rilievi, in conformità alle specifiche tecniche applicate dall'Azienda in base al proprio sistema di qualità.

Vengono descritte altresì le procedure adottate di calibrazione delle strumentazioni e di restituzione dati.

Nella fase precedente alla mobilitazione di tutte le risorse è stato testato e verificato il corretto funzionamento di tutte le apparecchiature utilizzate presso la sede Geomarine di Senigallia (AN).

Le operazioni di calibrazione in sito sono iniziate solo dopo aver verificato l'esito positivo di tale controllo preliminare.

L'elenco della strumentazione utilizzata è riportato di seguito:

- Ecoscandaglio multibeam Reson 7125, con trasduttore a doppia frequenza a 200 e 400 kHz (si è utilizzata quest'ultima frequenza);
- Sistema DGPS Emisphere V101;
- Sensore di moto integrato con la girobussola GEM Elettronica FOG-200;
- Sonda Valeport miniSVP per il profilo della velocità del suono in acqua;
- Software per rilievi idrografici Reson PDS2000;

Ulteriori dettagli sulla strumentazione e sulle risorse impiegate sono riportate nelle schede tecniche allegate.

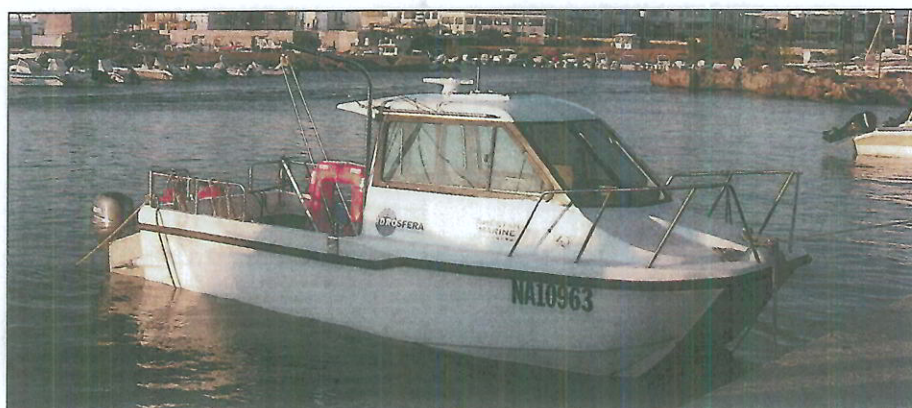
### **5.1 Risorse umane**

La campagna di acquisizione dati, processing e restituzione cartografica è stata eseguita dal personale di seguito indicato:

Stefano Mancini	capo cantiere e tecnico rilievi MBES
Giacomo Mariselli	tecnico rilievi MBES
Francesco Saggiomo	comandante catamarano Idrosfera
Dr.ssa Claudia Di Maio	processing dati e cartografia
Dr.ssa Sofia Bettini	processing dati e cartografia
Dr. Geol. Danilo Bonazza	relazione tecnica

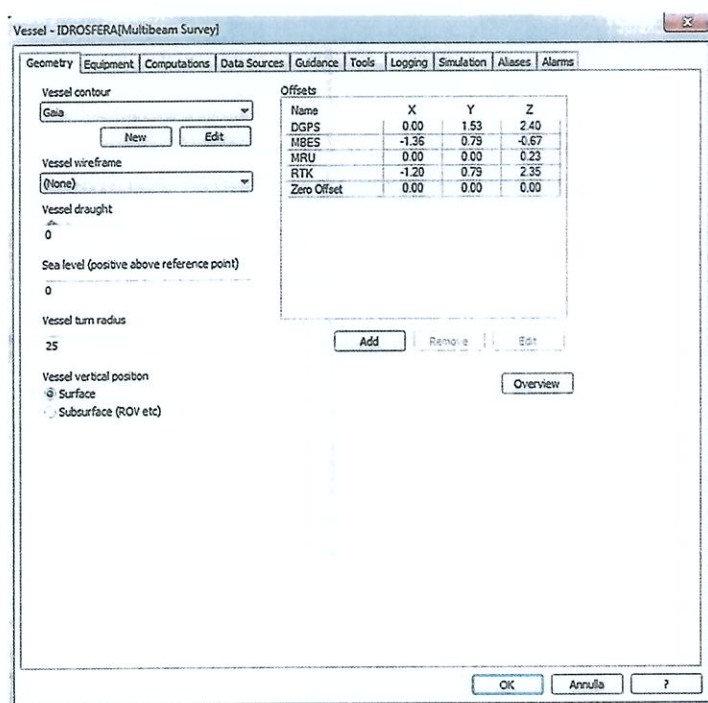
## 5.2 Mezzo Navale

Per l'esecuzione dei rilievi batimetrici è stato utilizzato il catamarano cabinato "Idrosfera", lungo 6.9 m e largo 2.4 m, con n. 2 motori 60 hp, portata 6 persone, iscritta al Registro Navi Minori e Galleggianti.



Catamarano "Idrosfera"

Le dimensioni e le caratteristiche del mezzo navale utilizzato hanno consentito di allestire tutta la strumentazione utilizzata e di ospitare comodamente a bordo tutto il personale tecnico; inoltre ha permesso di operare in sicurezza durante l'indagine e di avere le dimensioni adatte per eseguire le manovre necessarie all'acquisizione dei dati con strumenti montati a murata.



Offset della strumentazione rispetto al punto "zero offset".



### 5.3 Sistema di posizionamento e di navigazione

Il sistema satellitare di posizionamento superficiale utilizzato per l'esecuzione dei rilievi è stato il GPS differenziale (DGPS), modello V101 Emisphere.

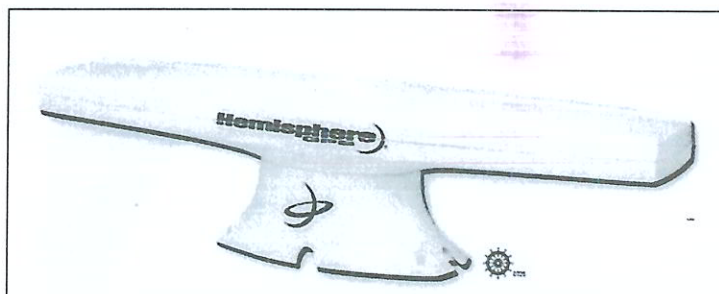
I dati ricavati sono stati immediatamente disponibili ed utilizzati senza la necessità di effettuare un post processing al termine della campagna di rilievo.

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione è stata eseguita con un sistema di navigazione costituito da una workstation equipaggiata con il software PDS2000 Full Version della Reson.

Il sistema di posizionamento superficiale DGPS è stato interfacciato con tutti gli altri strumenti di misura per la gestione e l'acquisizione di tutti i dati di interesse.

I dati digitali sono stati organizzati all'interno di un database in una serie di file individuati dall'identificativo della linea di rilievo, dalla data e dall'orario di registrazione.

Questa configurazione strumentale ha consentito di ottimizzare tutte le operazioni di rilievo e di ottenere allo stesso tempo un set di dati di elevata affidabilità e precisione.



Demodulatore DGPS V101 Emisphere utilizzato

I parametri geodetici utilizzati durante le fasi di acquisizione dati e per la georeferenziazione dei dati ottenuti sono quelli definiti nella tabella sottostante.

Datum Geodetico	WGS84
Semi-asse maggiore	6378137.0000 m
Eccentricità	0.00669437999
Schiacciamento inverso	298.2572235693
Proiezione	UTM
Fuso	33
Meridiano Centrale	15° 00' 00.000" E
Latitudine d'origine	00° 00' 00.000' N'
Falso Est	500000.0 m
Falso Nord	0.0 m
Fattore di Scala	0.99960

Parametri geodetici utilizzati durante le fasi di navigazione e per la georeferenziazione dei dati ottenuti.

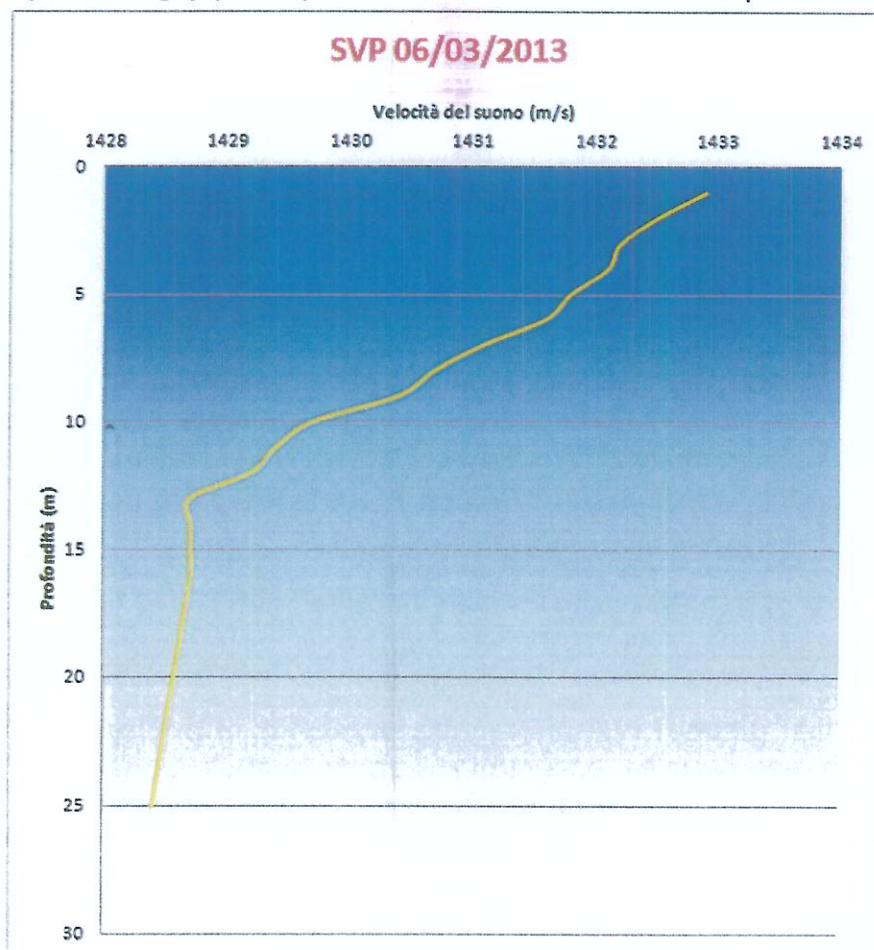
## 5.4 Sistema MULTIBEAM

Al fine di definire la batimetria di dettaglio dell'area in esame è stato condotto un rilievo con sistema Multibeam, modello Seabat 7125 della Reson.

Il trasduttore del sistema è stato installato a murata dell'imbarcazione utilizzando un sostegno realizzato in acciaio inox ed in grado di garantire la stabilità nella posizione. Gli offset di installazione del trasduttore rispetto all'antenna del DGPS e al sensore di moto-girobussola integrata sono stati accuratamente misurati ed inseriti nel software di navigazione.

Il sistema è stato interfacciato al sistema di posizionamento primario e secondario, alla girobussola integrata al sensore di moto ed i dati digitali misurati sono stati inviati, elaborati e successivamente registrati in formato digitale sulla workstation di gestione del sistema per mezzo del software PDS2000.

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 eseguita per consentire al sistema di generare appropriatamente i fasci e di compensare la riflessione dei raggi acustici ("ray bending") per il posizionamento accurato dei punti di misura.

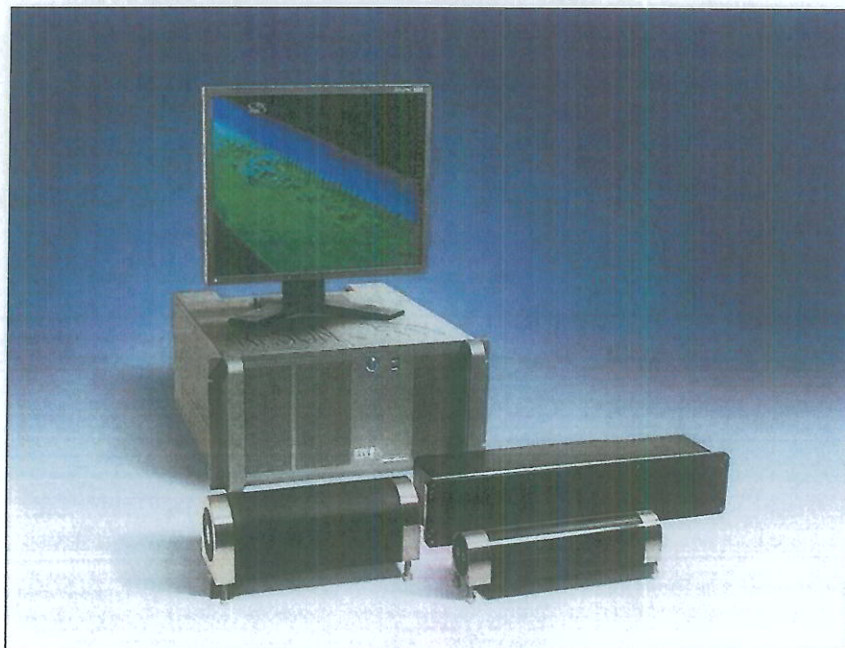


Profilo andamento velocità del suono (m/s)



I controlli di qualità dei dati MBES acquisiti durante e la relativa convalida dei dati sono stati eseguiti con il software PDS2000 (modulo Processing) che consente la visualizzazione e l'editing dei dati, con la possibilità, da parte dell'operatore, di effettuare le necessarie eliminazioni o correzioni di dati spuri (spike), nonché l'applicazione di fattori di correzione di marea.

Il processing preliminare è stato svolto on-site, mentre quello definitivo presso la sede della Geomarine di Senigallia (AN).



Multibeam Reson 7125 utilizzato

La calibrazione del sistema MultiBeam è stata eseguita per compensare il disallineamento tra la girobussola, il sensore di assetto e il trasduttore MBES. Seguendo le specifiche del costruttore, individuata una zona con fondale parzialmente piatto interessato dalla presenza di "strutture" in rilievo presso, e quindi la calibrazione si è svolta secondo le seguenti fasi:

- 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;
- 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;
- la compensazione del time delay, dovuta al ritardo di trasmissione del dato di posizione sommato al tempo di elaborazione dati in arrivo da ogni singolo strumento (MBES, girobussola e sensore di moto), è stata eseguita ripercorrendo le stesse linee del punto 2 a



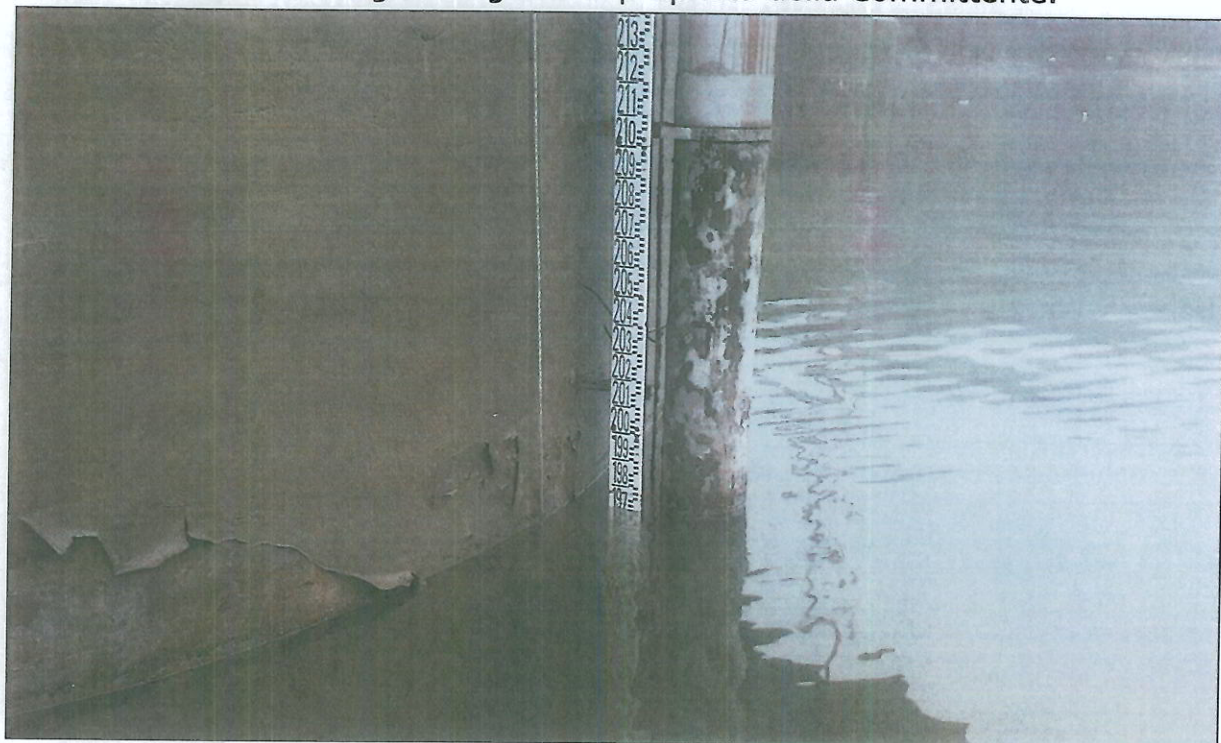
velocità diversa e calcolando il ritardo in base allo spostamento sull'asse longitudinale delle strutture riconoscibili;

- la compensazione della deviazione in azimuth tra la girobussola ed il trasduttore MBES è stata eseguita localizzando un tratto di condotta in rilevato 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.

Pertanto tali quattro parametri ottenuti prima dell'inizio del rilievo batimetrico sono stati introdotti nel software di navigazione come correzione del dato in ingresso.

I risultati della calibrazione sono allegati alla presente.

I dati batimetrici sono stati riferiti al livello medio marino monitorando durante le fasi di acquisizione tramite letture periodiche presso l'asta idrometrica presente nei pressi della diga ed è stata inoltre confrontata con le letture rilevate dall'idrografo digitale di proprietà della Committente.



Asta idrometrica.

I dati batimetrici sono stati elaborati con parametri adeguati alla scala di rappresentazione cartografica richiesta ed alla risoluzione del rilievo.



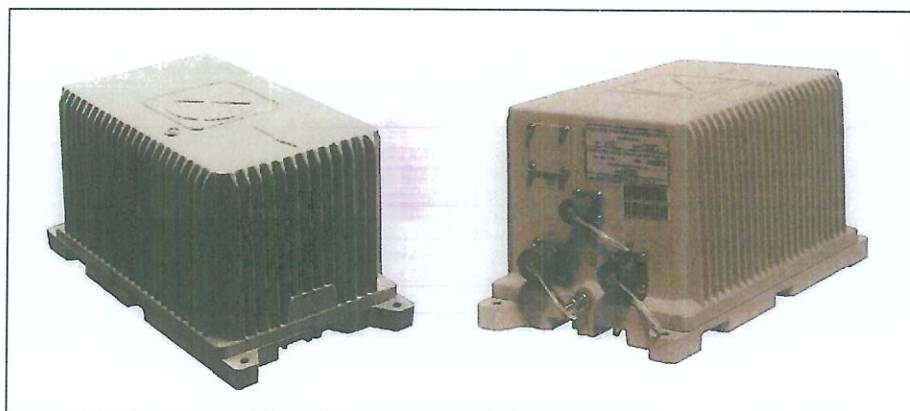
### **5.5 Girobussola - Sensore di Moto**

Per la misura dell'orientamento del mezzo navale ed il corretto posizionamento delle misure batimetriche e laser scanner effettuate è stata impiegata una girobussola digitale integrata al sensore di moto FOG-200 della GEM Elettronica.

L'uscita digitale della girobussola e del sensore di moto è stata inviata in tempo reale al sistema di acquisizione e navigazione, nonché al sistema MBES.

Il sensore di moto e di assetto integrato alla girobussola per la correzione del moto del mezzo navale dovuto alle onde (rollio, beccheggio e spostamento verticale) è stato accuratamente installato vicino al centro di gravità del mezzo navale.

I dati di assetto misurati sono stati trasmessi al software di gestione e registrazione dei dati (PDS2000) per la correzione in tempo reale delle misure di profondità.



Girobussola integrata al sensore di moto

## 6. TEMPISTICA

Di seguito sono riportate le date principali di inizio e fine di ogni attività.

Complessivamente le attività di cantiere sono iniziate il giorno 07/03/2013 e si sono concluse il giorno 09/03/2013.

DATA	DESCRIZIONE ATTIVITÀ	GIORNI
Lunedì 04/03/2013	Trasferimento tecnici ed attrezzature al lago Le Grazie di Tolentino ed installazione strumentazione MBES sul catamarano Idrosfera.	1
Martedì 05/03/2013	Completamento installazione strumentazione a bordo del catamarano e rilievi multibeam	1
Mercoledì 06/03/2013	Fine rilievo batimetrico MBES. Smontaggio strumentazione e trasferimento tecnici ed attrezzature c/o sede Geomarine di Senigallia (AN).	1
<b>TOTALE</b>		<b>3</b>

## 7. ELABORAZIONE DATI

I controlli qualità dei dati MBES acquisiti durante e la relativa convalida dei dati sono stati eseguiti con il software PDS2000 (modulo Processing) che consente la visualizzazione e l'editing dei dati, con la possibilità, da parte dell'operatore, di effettuare le necessarie eliminazioni o correzioni di dati spuri (spike).

Il processing è stato svolto presso la sede della Geomarine S.r.l. di Senigallia (AN).

Le procedure standard Geomarine, nella fase del processing MBES, prevedono le seguenti fasi:

- Data quality controll: consiste nella verifica dei parametri di calibrazione (roll, pitch, heading e time) e di eventuali salti di posizione nella navigazione attraverso il modulo Positionig Editing del programma.
- Correzione dei dati dalla marea: nel caso specifico la correzione di marea è stata apportata mediante l'applicazione dei dati idrometrici forniti dalla Committenza.
- Despikage: questa fase consiste nell'eliminazione di spike attraverso il modulo Multibeam Editing. L'operazione può essere eseguita sia manualmente, (l'operatore valuta la qualità del dato decidendone l'eventuale eliminazione), che automaticamente mediante l'utilizzo di filtri messi a disposizione dal software, o ancora utilizzando entrambi i metodi.
- Creazione DTM e DXF: ultimato il despikage si passa alla creazione del DTM attraverso il modulo Grid Model Editor. Nel caso specifico è stato generato un DTM con una cella di 0.25 m x 0.25 m. Accertatisi, in questa fase che il DTM realizzato non presenti delle irregolarità, si procede con l'esportazione dei dati in formato DXF. Il DXF così generato è stato poi processato con il SW Autocad.



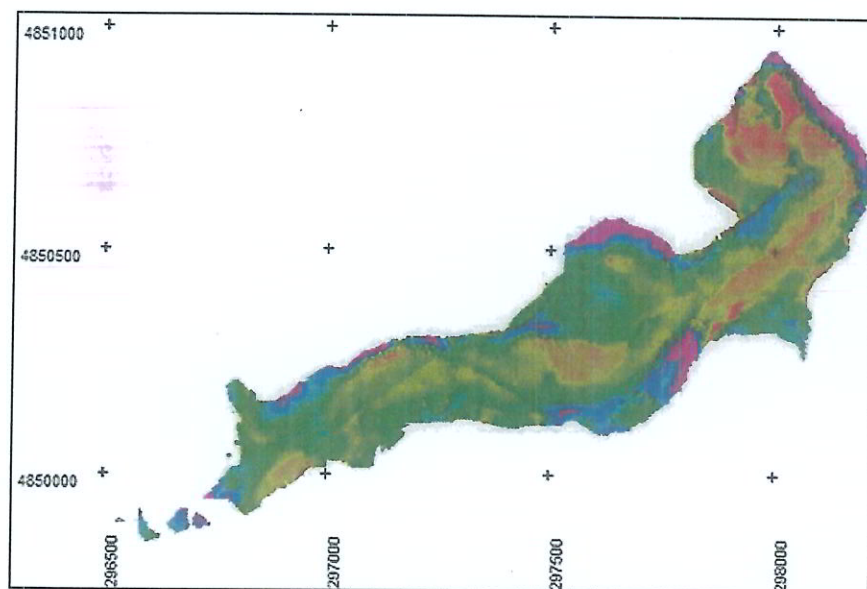
## 8. CALCOLO VOLUME

Sulla base dei dati batimetrici rilevati, è stato elaborato un modello digitale del fondale per poter eseguire un confronto in termini di volume con un analogo modello elaborato dai dati relativi ad un rilievo fornito dal Committente eseguito per mezzo sistemi topografici terrestri.

I dati di origine sono stati messi a disposizione sotto forma di mappa delle isoipse in formato cartaceo, è stato quindi riprodotto un modello digitale del terreno a partire da punti quotati.

I volumi sono stati calcolati rispetto alle quote di derivanti dal rilievo eseguito in marzo 2013 e quelle derivanti dal rilievo eseguito in data antecedente al 2000.

Il calcolo del volume di materiale depositatosi sui fondali dalla data di esecuzione del rilievo fornito dal Committente è stato eseguito sulla superficie del lago corrispondente all'area rilevata ed è risultato essere pari a **400 000 mc.**



Area soggetta a calcolo di volume (la scala cromatica indica la differenza degli spessori)

## 9. CONCLUSIONI

In allegato alla presente vengono illustrati i risultati del rilievo batimetrico di dettaglio effettuato nell'area rappresentata dal bacino di invaso della centrale idroelettrica di Sassocorvaro (PU) detto Lago di Mercatale.

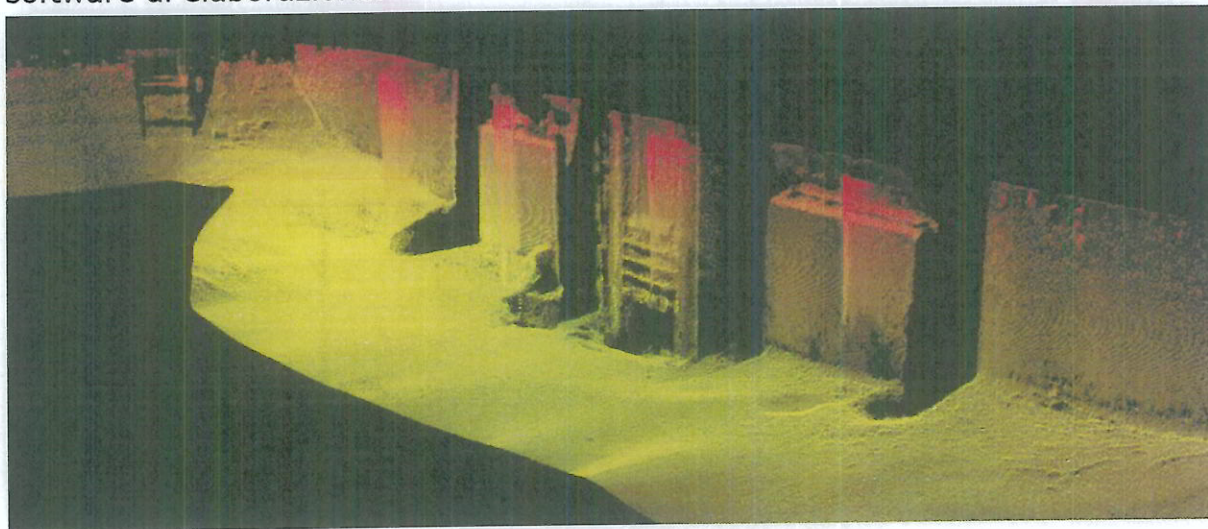
Le presente relazione tecnica illustra le procedure seguite durante i rilievi e le attrezzature impiegate.

Le indagini effettuate hanno permesso di fornire una ricostruzione della topografia dei fondali del lago, fino alla quota di 218 m s.l.m., di inquadrare topograficamente i disegni del rilievo fornito dal Committente al fine di calcolare il volume di sedimenti apportati nel bacino di invaso da quel rilievo.

I risultati del rilievo sono stati sintetizzati nella seguente tavola:

- Tavola 1: Carta Batimetrica - scala 1:2000, in cui sono riportate isoipse ad equidistanza di 0.25 m con la quota topografica riferita al livello "medio mare".

Nella suddetta Tavola si mostrano altresì i dettagli delle pareti dello sbarramento derivanti da screenshot del modello DTM 3D generato dal software di elaborazione.



Dettaglio modello DTM 3D della diga di sbarramento.

Dal punto di vista morfologico la batimetria del lago si presenta abbastanza omogenea, con profondità medie intorno ai 6 metri nell'area centrale, ovvero in prossimità dell'alveo del Fiume Foglia, che rimane tuttora facilmente riconoscibile.

Il lago presenta poi un accentuato approfondimento (quote attorno i 12 m) nella zona dello sbarramento, con punte oltre i 20 metri in prossimità dello scarico di fondo.

Il volume calcolato dai dati ottenuti dal presente rilievo rispetto a quelli ottenuti dal rilievo del 2006 (dati messi a disposizione dalla Committenza) è risultato essere pari a **400 000 mc.**



**FINE DEL DOCUMENTO**