

# HUB PORTUALE ravenna



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico centro settentrionale



APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,  
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI,  
NUOVO TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E  
RIUTILIZZO MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE  
AL P.R.P VIGENTE 2007 - I FASE - PORTO DI RAVENNA

## PROGETTO ESECUTIVO

**oggetto** STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO  
RILIEVI E INDAGINI  
RELAZIONE TECNICA INDAGINI - DRAGAGGI E ALLEGATI

**file**  
1114-E-SIN-RIL-RE-21-1.doc

**codice**  
1114-E-SIN-RIL-RE-21-1

**scala**  
-

Revisione	data	causale	redatto	verificato	approvato
0	08/03/2021	Emissione per approvazione	L. de Angelis	G. Marcolini	L. de Angelis
1	30/04/2021	Integrazione indagini sub-bottom profiler	L.de Angelis	A. Faedo	L. de Angelis

responsabile delle Integrazioni Specialistiche: **Ing. Lucia de Angelis**

responsabile del Procedimento: **Ing. Matteo Graziani**

committente

contraente generale



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico centro settentrionale

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale  
Via Antico Squero, 31  
48122 Ravenna



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl  
Piazza del Popolo 18  
00187 Roma



Dredging  
International

DEME - Dredging International NV  
Haven 1025 - Scheeldedijk 30  
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



Technital S.p.A.  
Via Carlo Cattaneo, 20  
37121 Verona

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Filippo Busola



F&M Ingegneria SpA  
Via Belvedere 8/10  
30035 Mirano (VE)

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Tommaso Tassi



SISPI srl  
V.le Filangieri II  
80121 Napoli

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Marco Di Stefano

# HUB PORTUALE ravenna

committente



Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale  
Via Antonio Squarisi, 31  
48122 Ravenna

contraente generale



Consorzio Stabile  
Grandi Lavori S.c.r.l.

Consorzio Stabile Grandi Lavori Scrl  
Piazza del Popolo 19  
00187 Roma



Dredging  
International

DEME - Dredging International NV  
Haven 1025 - Schiedamski 30  
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



TSCENTRAL S.p.A.  
Via Carlo Cattaneo, 20  
37121 Verona

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Filippo Buolla



F&M  
Ingegneria

F&M Ingegneria SpA  
Via Bernardino 8/10  
30035 Mirano (VE)

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Tommaso Tassi



SISPI srl  
Via Filangieri 11  
80121 Napoli

Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Marco Di Stefano

Approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo del materiale estratto in attuazione del P.R.P. vigente 2007 - Fase I

Rilievi topo-batimetrici e indagini inerenti alla Progettazione Esecutiva e realizzazione dei lavori denominati HUB PORTUALE DI RAVENNA

Relazione Tecnica indagini per i dragaggi



anfibia  
srl

codice commessa  
responsabile commessa  
nome documento  
versione  
data

an20196  
andrea zamariolo  
relazione tecnica  
02  
30/04/2021



## sommario

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
2.1.	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO .....	6
	<i>Teoria e metodo .....</i>	6
	<i>Equipaggiamento .....</i>	6
2.2.	RILIEVO BATIMETRICO.....	6
	<i>Teoria.....</i>	6
	<i>Equipaggiamento .....</i>	8
	<i>Metodologia e calibrazione .....</i>	10
2.3.	SIDE SCAN SONAR.....	11
	<i>Principi di funzionamento.....</i>	12
	<i>Metodologia.....</i>	13
	<i>Equipaggiamento .....</i>	14
2.4.	SUB BOTTOM PROFILER .....	15
	<i>Principi di funzionamento.....</i>	15
	<i>Metodologia.....</i>	16
	<i>Equipaggiamento .....</i>	17
<b>3.</b>	<b>INDAGINE TOPOGRAFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>4.</b>	<b>INDAGINE MULTI BEAM.....</b>	<b>20</b>
4.1.	ACQUISIZIONE DEI DATI .....	20
4.2.	ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI .....	21
	<i>Estrazione del grid.....</i>	22
	<i>Elaborazione del DTM.....</i>	22
	<i>Elaborazione delle isolinee.....</i>	26
<b>5.</b>	<b>SIDE SCAN SONAR .....</b>	<b>28</b>
5.1.	ACQUISIZIONE DEI DATI .....	28
5.2.	ELABORAZIONE DEI DATI .....	28
5.3.	RESTITUZIONE DEI DATI .....	29
<b>6.</b>	<b>SUB BOTTOM PROFILER.....</b>	<b>37</b>
6.1.	ACQUISIZIONE DATI .....	37
6.2.	ELABORAZIONE DEI DATI .....	38
6.3.	RESTITUZIONE DEI DATI .....	39
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>42</b>
<b>8.</b>	<b>ALLEGATO A – MONOGRAFIE DEI VERTICI .....</b>	<b>43</b>
<b>9.</b>	<b>ALLEGATO B – CALIBRAZIONE MBES .....</b>	<b>46</b>



## 1. Premessa

Gli esiti della gara europea, indetta da AdSP del Mar Adriatico Centro Settentrionale il 21 novembre 2019, per l'affidamento unitario a Contraente Generale della progettazione esecutiva e dei lavori dell'HUB Portuale di Ravenna - "approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo del materiale estratto in attuazione del P.R.P. vigente 2007 - Fase I", hanno visto prevalere il raggruppamento Temporaneo di Imprese costituito tra il Consorzio Stabile Grandi Lavori S.c.r.l. e la società Società Dredging International n.v.

Il 22 ottobre 2020, l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Centro Settentrionale ha così rilasciato il Verbale di avvio dell'esecuzione del contratto in via d'urgenza finalizzato all'esecuzione delle indagini propedeutiche al servizio di Progettazione esecutiva, da parte dell'Affidatario dell'appalto di Hub portuale.

Il CG ha poi affidato alla scrivente Anfibia Srl, con contratto siglato il 16 novembre 2020, la realizzazione di rilievi topo-batimetrici e indagini geofisiche per completare il quadro conoscitivo delle aree oggetto della PE: banchine, fondali, casse di colmate e aree logistiche.

Presi contatti ed ottenute le necessarie autorizzazioni da concessionari dei siti e autorità preposte, Anfibia Srl, ha iniziato le attività il 17 novembre u.s. con l'obiettivo di completare l'incarico entro il 28 febbraio 2021. Nonostante le condizioni meteo e marine, non pessime, in considerazione del periodo dell'anno in cui ci si trovava, ma nemmeno clementi, ed alcuni ritardi per la disponibilità dei luoghi da rilevare, tutte le attività sono state concluse e i dati consegnati nelle forme previste.

A conclusione dell'incarico sono poi state concordate con la Committenza, una serie di relazioni tecniche, a descrizione delle metodiche d'indagine impiegate, delle attività di campo nei diversi siti, delle problematiche riscontrate, dei risultati ottenuti e delle consegne effettuate.

La presente è la Relazione Tecnica relativa alle aree oggetto di dragaggio, in cui sono descritte le metodologie di indagini adottate e sono riportati i risultati delle indagini effettuate.

I rilievi dei fondali sono stati effettuati con metodologia multibeam sull'intera area oggetto di escavo del progetto di escavo dell'Hub Portuale, dalla darsena San Vitale fino ad una distanza di circa 5 km dall'imboccatura delle dighe. Le elaborazioni dei risultati del rilievo multibeam sono riportate negli elaborati grafici allegati, elencati nella tabella di pagina seguente.

Al fine di rilevare eventuali presenze di natura archeologica sulle aree di canale Candiano, avamperto e canaletta di avvicinamento al porto oggetto di escavo nell'ambito dei lavori di approfondimento del HUB Portuale di Ravenna, sono state condotte delle indagini preventive qui di seguito elencate:

- Indagini con metodologia side scan sonar
- Indagini con sub bottom profiler (effettuate ad aprile 2021)

Le indagini con metodologia side scan sonar e con sub-bottom profiler sono state effettuate su un'area di circa 900'000 mq, concordata con AdSP e Sovrintendenza, in cui si ritiene maggiore probabilità di rinvenire reperti.

Per gli elaborati grafici si rimanda a quelli elencati nella tabella seguente.

ELABORATO	REV.	TITOLO ELABORATO - RELAZIONE
1114-E-DRX-DRA-PL-01-0	0	Planimetria generale stato di fatto - rilievo batimetrico
1114-E-SIN-RIL-PL-05-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-06-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-07-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-08-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-09-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-10-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-11-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-12-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-13-0	0	Planimetria generale indagini - Rilievi multibeam - Dragaggi - tav. 1 di 9
1114-E-SIN-RIL-PL-14-1	1	Planimetria generale indagini - Rilievi sidescan sonar e sub-bottom profiler- Indagini archeologiche - tav. 1 di 3
1114-E-SIN-RIL-PL-15-1	1	Planimetria generale indagini - Rilievi sidescan sonar e sub-bottom profiler - Indagini archeologiche - tav. 2 di 3
1114-E-SIN-RIL-PL-16-1	1	Planimetria generale indagini - Rilievi sidescan sonar e sub-bottom profiler Indagini archeologiche - tav. 3 di 3

## 2. Metodologia

In questa prima parte della relazione sono state elencate e descritte tutte le metodologie d'indagine adottate; ne sono stati definiti i principali fondamenti teorici, descritto l'equipaggiamento impiegato e le caratteristiche delle informazioni ottenibili.

### 2.1. Inquadramento topografico

Come da indicazioni della Committenza, è stata utilizzata come riferimento topografico la Rete Geodetica Costiera implementata e aggiornata da Arpa Emilia-Romagna nel 2017 (RGC, APAE 2017) e come sistema cartografico quello ETRS89 nella sua realizzazione ETRF89 secondo la proiezione UTM fuso 32, standard regionale dell'Emilia-Romagna.

Il caposaldo più prossimo alla zona ed utile per i rilievi è rappresentato dal vertice nominato SAPC0700 (Allegato A – Monografie dei vertici): da questo è stata battuta una coppia di vertici di appoggio sulla sommità della torre di controllo del Circolo Nautico Marina (Allegato A – Monografie dei vertici), dal quale si domina l'intero porto di Ravenna, compreso il corridoio di ingresso.

#### *Teoria e metodo*

Per le misure topografiche ci si è affidati al Global Navigation Satellite System (GNSS). Un ricevitore GNSS base è stato installato sul vertice di riferimento ed un ricevitore GNSS Rover è stato utilizzato per le misure. Come metodologia è stata utilizzata la modalità Real Time Kinematics (RTK) che fornisce al rover una correzione in tempo reale di ottima qualità con accuratezze centimetriche (+/- 2cm) in x, y e z.

Per i punti topografici sono stati utilizzati tempi di occupazione e misura di 5 epoche mentre per i caposaldi sono stati utilizzati tempi molto più lunghi pari a 180 epoche, utilizzando anche un bipode per stabilizzare meglio il ricevitore. In ogni caso è sempre stato controllato che i dati risultanti soddisfacessero i controlli qualità (QC1 e QC2) dei sistemi di misura.

Per le trasformazioni tra sistemi ed il passaggio da altezze ellissoidiche (Height above Ellipsoid, HAE) a quote Geoidiche è stato impiegato un programma con i necessari grigliati IGM.

#### *Equipaggiamento*

Il sistema base utilizzato è composto da una coppia di ricevitori GNSS Trimble R6 a doppia frequenza (L1/L2) topografici differenziali gestiti con controller TSC2 e TSC3.

Per talune misure sono anche stati impiegati ricevitori GNSS Stonex S9 a doppia frequenza (L1/L2) topografici differenziali gestiti con controller S4.

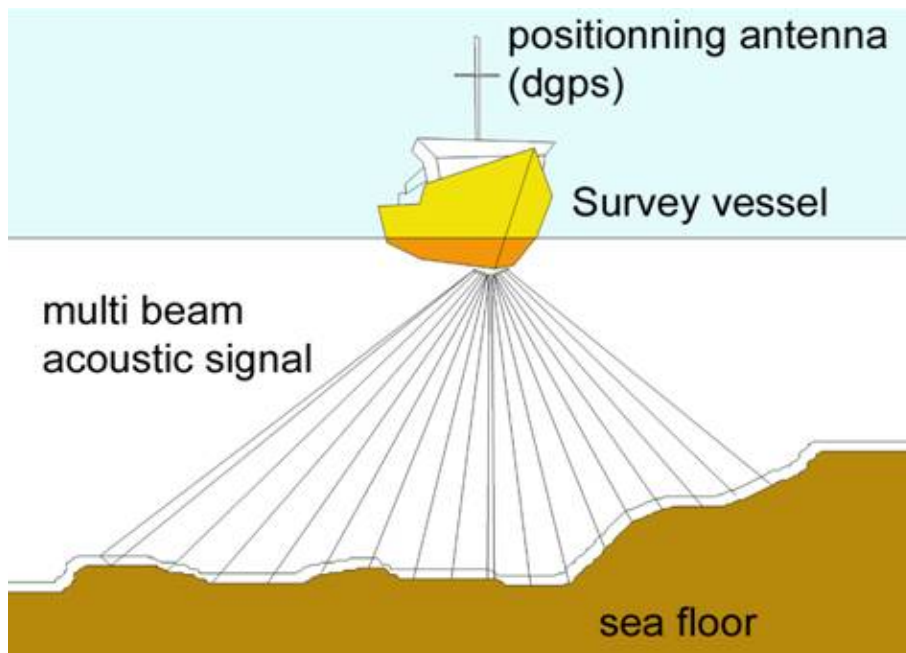
### 2.2. Rilievo batimetrico

Il rilievo batimetrico con tecnologia multi beam (MBES) è particolarmente utile per mappare l'assetto dei fondali ove sia necessaria una copertura integrale che rilevi ogni minima variazione planoaltimetrica.

Oltre al fondale, è anche possibile acquisire dati relativi a strutture come scogliere e moli; utilizzando sistemi particolarmente performanti si possono acquisire dati di alta qualità da superfici verticali come le banchine.

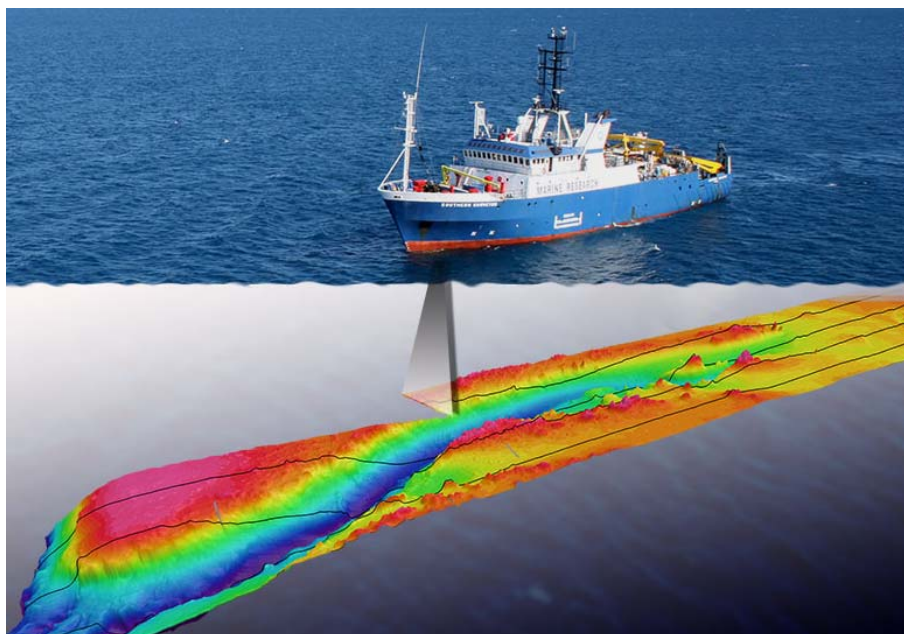
#### *Teoria*

Il rilievo batimetrico del fondale si basa sull'impiego di onde acustiche attraverso la colonna d'acqua. Un impulso acustico, detto swath, (Figura 1), viene emessi dal trasmettitore (tx), percorre la colonna d'acqua, impatta il fondo marino (riflettore), viene riflesso (solo in parte) verso la superficie attraverso la colonna d'acqua e viene ricevuto dal ricevitore (rx) che è suddiviso in un elevato numero di canali, detti beam.



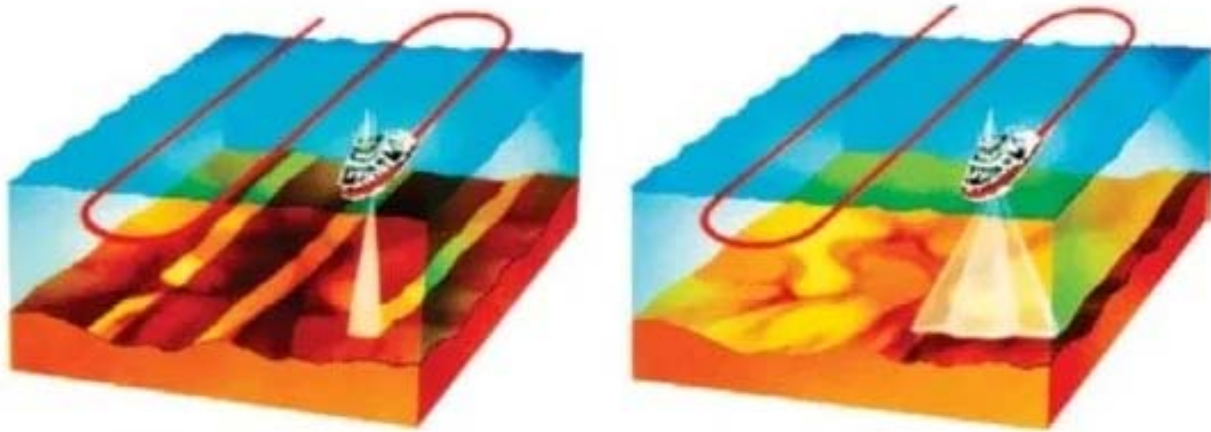
**Figura 1: schema del segnale acustico alla base dei rilievi batimetrici multi beam**

Gli aspetti essenziali sono: il doppio percorso attraverso la colonna d'acqua, la lunghezza del percorso delle onde acustiche che aumenta dal centro (nadir) verso i margini dello swath, la natura e l'assetto del riflettore. In considerazione di quanto sopra risulta opportuno avere un'ottima conoscenza dell'effettivo valore della velocità di propagazione del suono nella colonna d'acqua, un valore medio non è sufficiente, è necessario provvedere a misure su tutta la colonna d'acqua con una apposita sonda (SVP). È altrettanto importante tenere l'angolo di swath non troppo aperto, assunto che dati laterali hanno una qualità peggiore dei dati nadirali e valutare assetto e natura del fondale per ottimizzare le rotte di acquisizione dei dati. Per migliorare la qualità dei dati laterali e minimizzare le zone non coperte perché in ombra, è altresì opportuno predisporre una navigazione che preveda una sovrapposizione (overlap) tra i passaggi successivi (Figura 2).



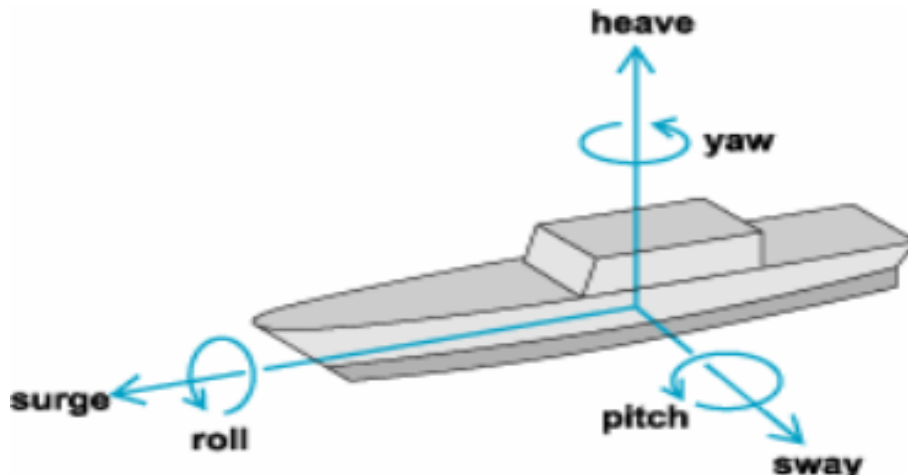
**Figura 2: navigazione con overlap dei dati**

Rispetto al rilievo batimetrico in modalità single beam, la tecnologia multi beam consente una copertura integrale del fondale (Figura 3). Questa peculiarità esclude la necessità di interpolare i dati, pratica che spesso, soprattutto in ambito portuale, dove il fondale può essere molto accidentato, può produrre intense alterazioni della realtà.



**Figura 3: single beam Vs multi beam**

La complessità dell'acquisizione e dei dati stessi del sistema multi beam, comporta una rigorosissima installazione ed una cura nella determinazione degli offset tra i diversi elementi di cui il sistema si compone: trasmettitore (tx), ricevitore (rx), piattaforma inerziale (IMU), girobussola, sistema di posizionamento (GNSS). Considerando il fatto che per i rilievi batimetrici vengono impiegate imbarcazioni che hanno sei gradi di libertà nei loro movimenti (Figura 4), si conclude che il sistema nel suo complesso debba essere abbastanza pronto, accurato e risoluto, per registrare dati di grande dimensione (512 o anche 1024 beam fino a 50Hz) e correggere le variazioni di assetto che avvengono nel mentre.



**Figura 4: gradi di libertà dei movimenti di una imbarcazione**

Un ideale flusso di lavoro per i rilievi multi beam può essere: installazione, misura degli offset, dry test, wet test, misura del profilo di velocità del suono nella colonna d'acqua, calibrazione, rilievi, despiking, elaborazione e restituzione.

### *Equipaggiamento*

Per il rilievo è stato impiegato il nostro sistema che si basa principalmente sul Norbit iWBMS. Questo strumento non è solo un ecoscandaglio multi beam di ultimissima generazione ma un sistema integrato



composto da un sonar multi beam con ricevitore a superficie curva, sonda di velocità alla testa e piattaforma inerziale integrata al GNSS Applanix Wave Master per tutti i controlli di assetto e di moto. In più, la versione di cui si dispone è “narrow beam” ovvero con una risoluzione doppia (0,5°) rispetto allo standard. Le principali caratteristiche tecniche sono (Figura 5):

- Angolo massimo di swath 210°
- Beam 512 da 0,5°
- Frequenze operative da 200 a 700kHz

Le tarature sulla colonna d’acqua sono state effettuate con l’utilizzo di una sonda Valeport Mini SVP (Figura 6), calata dalla superficie al fondo per registrare il profilo della velocità del suono nella colonna d’acqua.

Il sistema è stato interfacciato tramite cavo Ethernet al computer di bordo dove il software QPS Qinsy ha provveduto a fornire le informazioni per la navigazione e alla registrazione dei dati (Figura 7).



Figura 5: la testa (a sx) e l’intero supporto (a dx) del sistema multi beam Norbit iWBMS

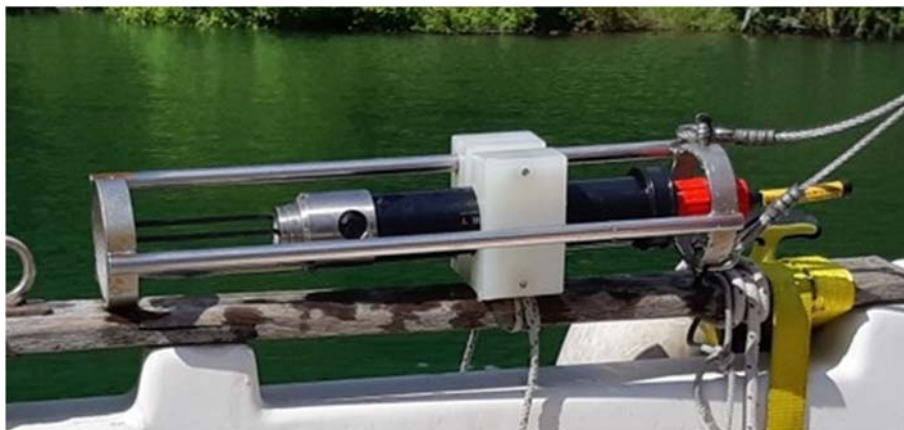


Figura 6: il profilatore acustico Valeport Mini SVP

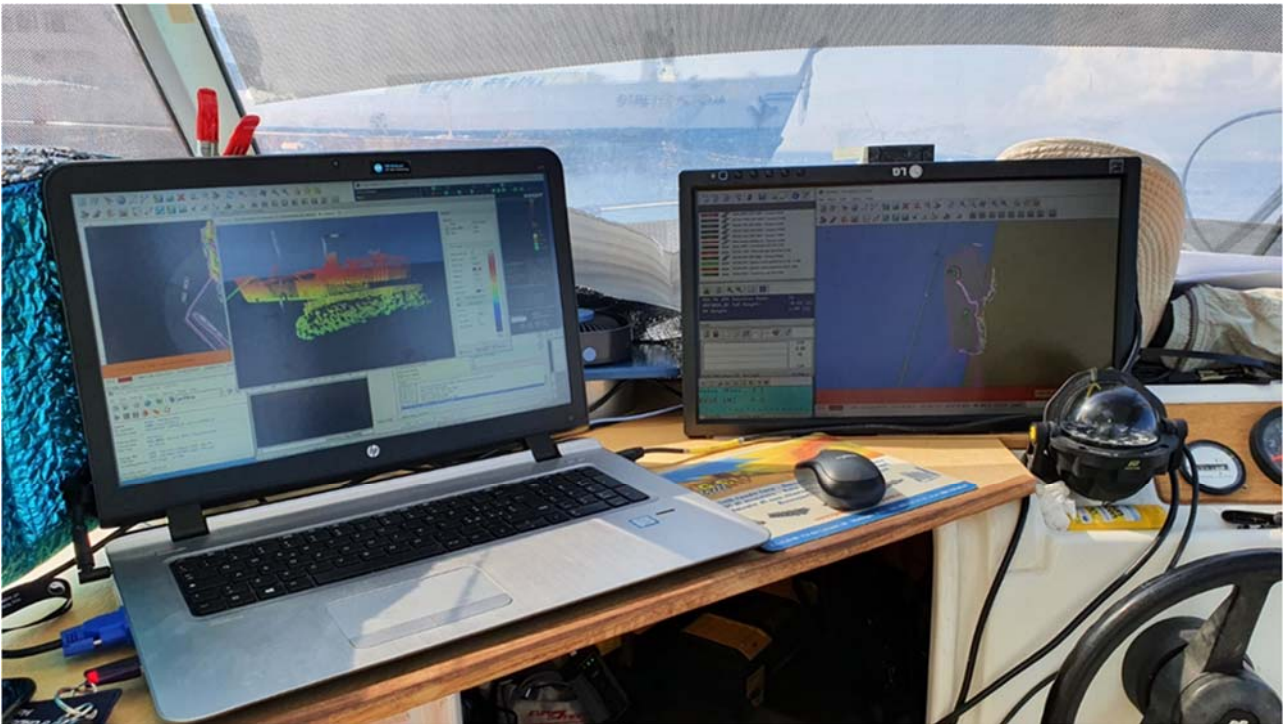


Figura 7: l'interfaccia grafica del programma di navigazione QPS Qinsy, installato in plancia

Un ricevitore GNSS base Trimble R6 a doppia frequenza (L1/L2), installato sul caposaldo di riferimento, attivato in modalità RTK fornisce costantemente la correzione differenziale, al sistema batimetrico installato sulla barca. Si può complessivamente stimare un'accuratezza centimetrica del sistema nell'ordine dei 5cm.

#### *Metodologia e calibrazione*

L'installazione in barca del sistema si completa con il cablaggio di tutti gli elementi (Figura 8). Quando è tutto collegato e funzionante (dry test), si può procedere con una prova in acqua (wet test). Se gli esiti sono positivi si può iniziare l'acquisizione.

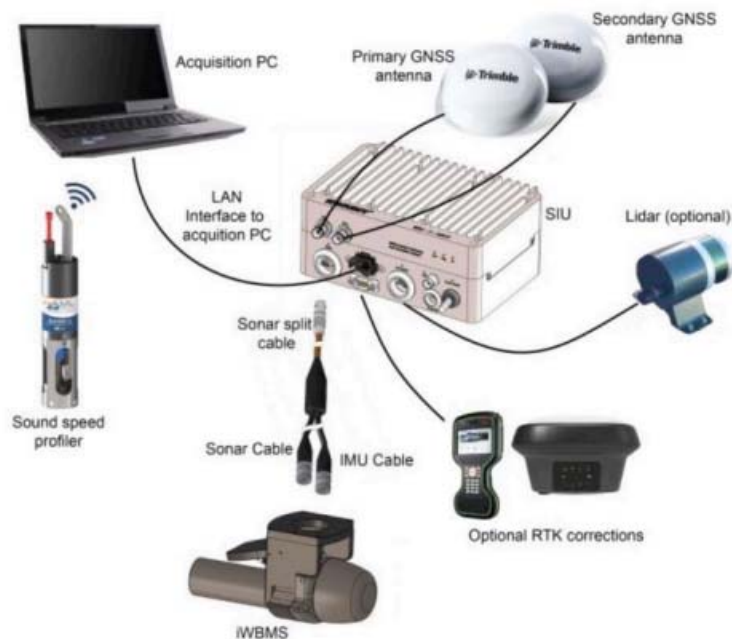
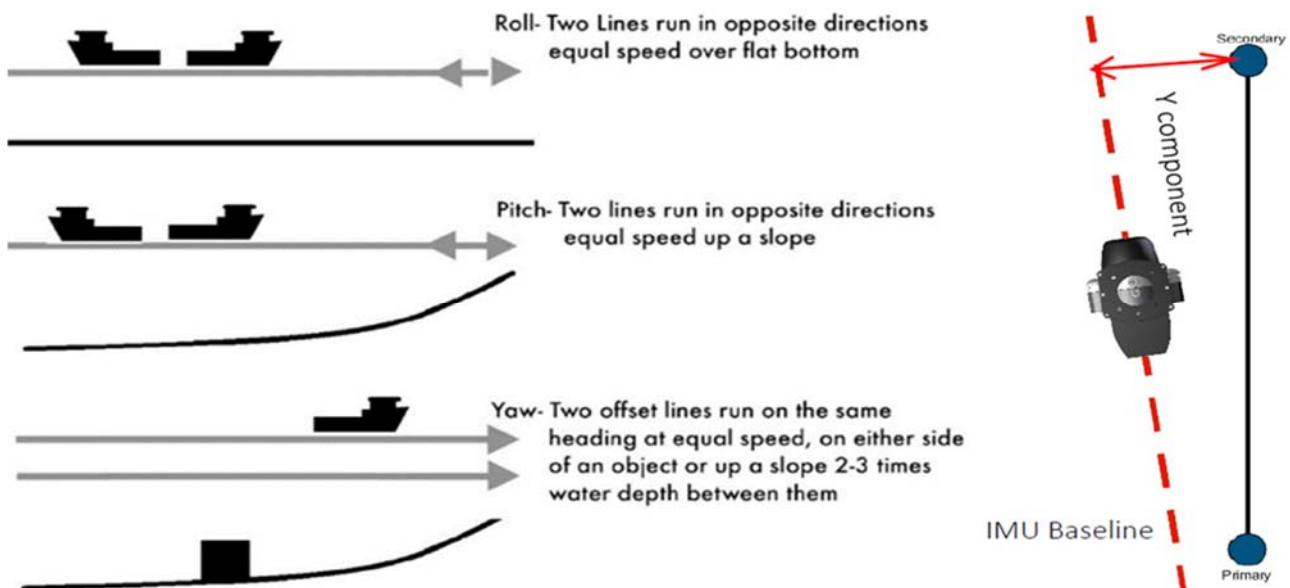


Figura 8: schema di collegamento dei diversi dispositivi che compongono il sistema impiegato

All'inizio di ogni sessione di rilevamento batimetrico, viene misurata l'effettiva velocità del suono nella colonna d'acqua, tramite l'esecuzione di un profilo acustico; tale procedura viene ripetuta nell'arco della giornata o in occasione di variazioni dell'area di rilevamento. Il profilo acustico viene importato nel software di acquisizione per ottimizzare la qualità del dato multi beam.

Un altro degli aspetti estremamente delicati per l'ottima riuscita dei rilievi batimetrici multi beam, è la calibrazione geometrica del sistema.

Per la calibrazione di un sistema multi beam è necessario misurare in modo tridimensionale tutti gli offset tra gli elementi ed inserirli nel software di gestione. In navigazione vengono poi registrati dei dati batimetrici seguendo specifiche rotte che attraversino anche target sul fondo (Figura 9). Utilizzando uno specifico software vengono calcolati gli angoli di disallineamento nelle tre componenti di rollio (Roll), beccheggio (Pitch) e rotazione rispetto alla verticale (Heading).



**Figura 9: procedura per la calibrazione suggerita dal manuale Norbit (Patch test) per compensare il disallineamento della baseline del sonar/IMU e del sistema di navigazione GNSS (heading).**

In un sistema multi beam gli elementi suscettibili ad un corretto posizionamento ed allineamento sono: il proiettore del sonar, il ricevitore del sonar, la piattaforma inerziale e l'antenna GNSS. Nel sistema multi beam impiegato, come visto in precedenza, i primi tre elementi sono "un pezzo unico" rigidamente connessi in modo permanente (assemblati in fabbrica) e le loro posizioni reciproche sono note ed inalterabili; solo le antenne GNSS sono fisicamente separate da resto. Il palo di installazione è stato realizzato appositamente per porre su uno stesso piano verticale le due antenne, il sonar e la piattaforma inerziale e tenerli rigidamente fermi l'uno rispetto agli altri. Il palo viene sempre installato in barca nello stesso modo utilizzando dei supporti fissi sulla struttura e sullo scafo. Questi accorgimenti fanno sì che i parametri di calibrazione possano rimanere inalterati e validi, senza la necessità di ripetere la calibrazione ad ogni installazione.

Questo aspetto è particolarmente vantaggioso perché consente di essere molto rapidi nell'iniziare un rilievo e nei casi in cui non si presentano le condizioni ottimali (fondale adeguato e tempo utile) per rilevare dati specifici per la calibrazione, possono essere impiegati i parametri precedenti. In occasione di questi rilievi nel porto di Ravenna, come in molti altri, il tempo per rilevare dati utili alla calibrazione non manca così come un adeguato fondale con i necessari elementi morfologici.

La procedura ed i risultati della calibrazione sono stati inseriti nell'Allegato B – Calibrazione MBES

### 2.3. Side Scan sonar

L'indagine Side Scan Sonar è particolarmente indicata per mappare diversi tipi di fondali o per individuare facilmente oggetti affioranti sul fondo (Figura 10).



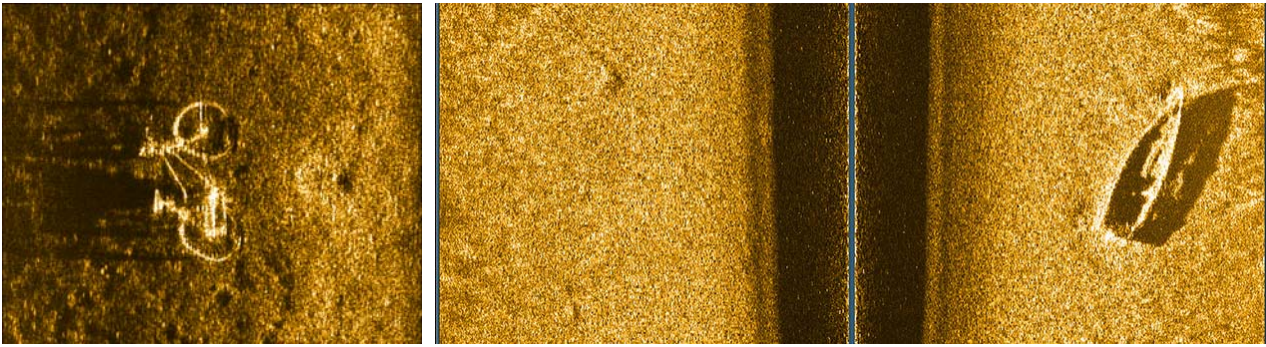


Figura 10: esempi di individuazione di un target sul fondale.

### Principi di funzionamento

Il principio di funzionamento del Side Scan Sonar (SSS) consiste nel misurare l'ampiezza del segnale acustico di ritorno riflesso del fondale.

La distanza del sonar da un punto sul fondale è chiamata *slant range*, mentre la distanza dal nadir (il punto immediatamente sotto il sonar) è chiamata *ground range*.

L'angolo di incidenza del fronte d'onda è il fattore principale che determina il funzionamento del sistema. La maggior parte dell'energia emessa viene riflessa in funzione dell'angolo di riflessione (speculare all'angolo di incidenza) e, in parte, viene diffratta in direzioni distribuite attorno all'angolo di incidenza. Ancora, una parte del segnale verrà assorbita dal fondale in funzione delle sue proprietà mentre solo una piccola parte dell'energia verrà riflessa verso il sonar. Questa viene definita come *backscatter* (Figura 11).

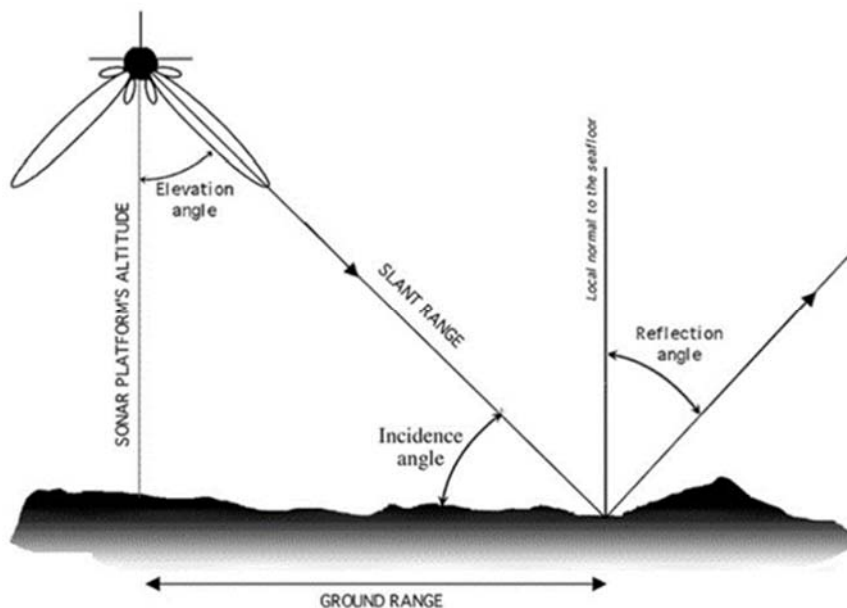


Figura 11: Principali parametri geometrici nel Side Scan Sonar

Considerando la Figura 11 si possono fare alcune considerazioni sulle informazioni che si possono ricavare dall'analisi del segnale registrato. La differenza di tempo fra segnale emesso e segnale ricevuto è direttamente proporzionale alla *slant range*; conoscendo l'*altitude* (l'altezza dello strumento dal fondale) è possibile calcolare la *ground range* cioè la distanza lineare al fondo fra il sonar e un punto.

Passando dal dominio dei tempi (dato batimetrico) al dominio delle ampiezze (dato side scan sonar) il segnale di ritorno porta con sé informazioni sulle proprietà del punto indagato, sia esso un oggetto o il sedimento del fondale.

Il *backscatter* è influenzato, in ordine decrescente di importanza, da:

- Geometria del sistema sonar – riflettore (ad esempio l'angolo di incidenza o profondità);
- Caratteristiche fisiche del riflettore (ad esempio la rugosità);

- Natura del riflettore (ad esempio la composizione e le dimensioni).

Una superficie inclinata verso il sonar avrà come effetto quello di aumentare l'energia riflessa verso il sensore; all'opposto, una superficie inclinata nella direzione contraria avrà come effetto quello di ridurre l'energia riflessa allo strumento fino, in casi particolari, alla completa mancanza di ritorno.

Una superficie rugosa, statisticamente, offre un numero di "facce" maggiori rivolte verso lo strumento, per questo l'energia riflessa è maggiore rispetto a quella riflessa da una superficie liscia. Quindi un sedimento grossolano appare più riflettente di un sedimento fine.

A seconda delle frequenze il fondo può apparire più o meno riflettivo in funzione della sua composizione. Alle alte frequenze, caratterizzate da una penetrazione nulla se non molto limitata, esso appare liscio, quindi poco riflettivo. Lo stesso riflettore indagato con una frequenza minore, quindi con un potere di penetrazione maggiore, può apparire più riflettivo in quanto il segnale viene riflesso dalla tessitura dei sedimenti, bioclasti o bioturbazioni (Figura 12).

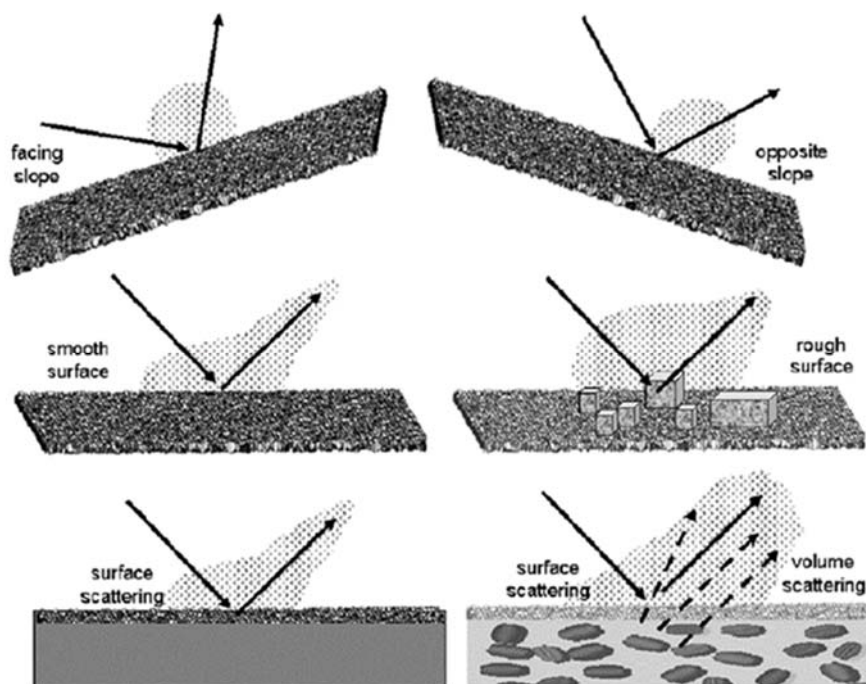


Figura 12: Fattori che influenzano il backscatter

### Metodologia

Il rilievo SSS prevede: che l'acquisizione dei dati avvenga attraverso una lenta navigazione; che ogni passaggio abbia un'ampia sovrapposizione col precedente; che il sensore resti ad una distanza costante dal fondo. In acque profonde e libere è preferibile filare il sensore di poppa, mentre in acque poco profonde e confinate con la presenza di ostacoli (come nel caso del porto di Ravenna) è preferibile utilizzarlo fisso "a palo" (Figura 13).



Figura 13: esempi di navigazione col sensore filato di poppa e “a palo”.

### Equipaggiamento

Per effettuare il rilievo SSS è stato impiegato il sistema Norbit iWBMS. Questo strumento è in grado di acquisire oltre al dato di batimetria anche il dato di backscatter come time series, quindi lavorando effettivamente nel campo delle ampiezze e restituendo un dato Side Scan Sonar (Figura 14).

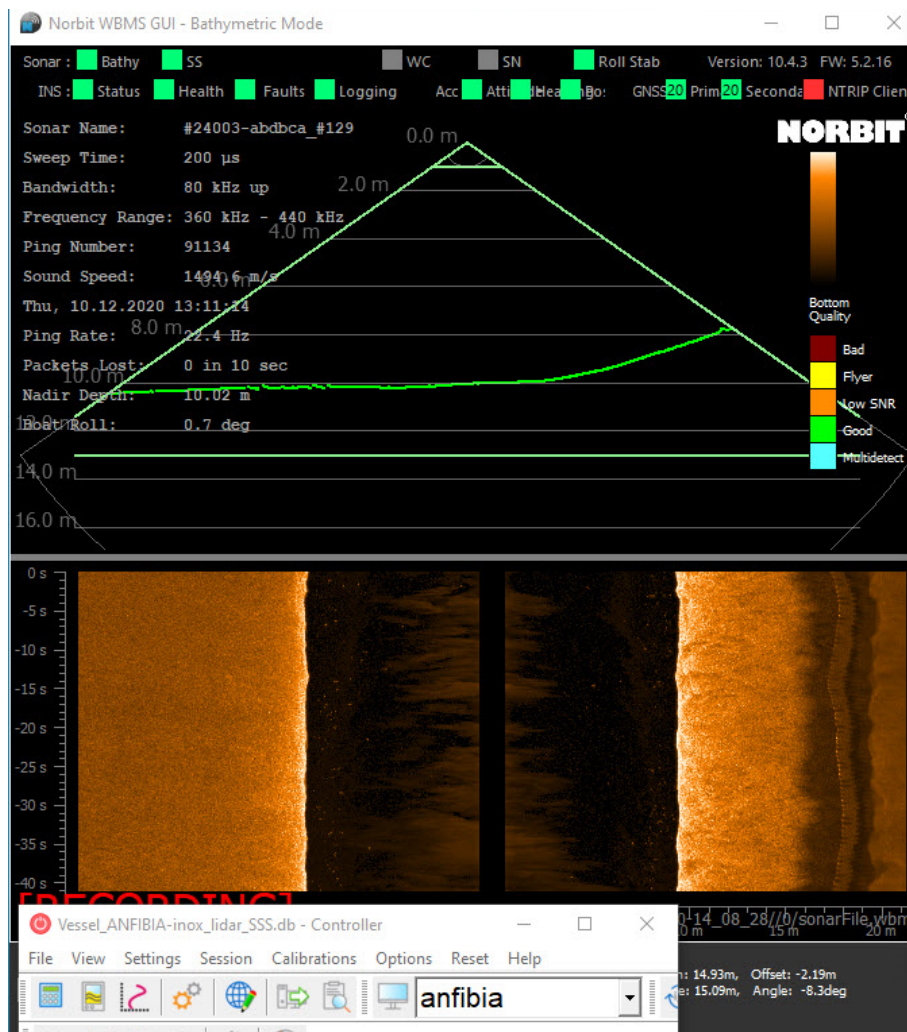


Figura 14: schermata di acquisizione e controllo del dato SSS nel sistema Norbit iWBMS

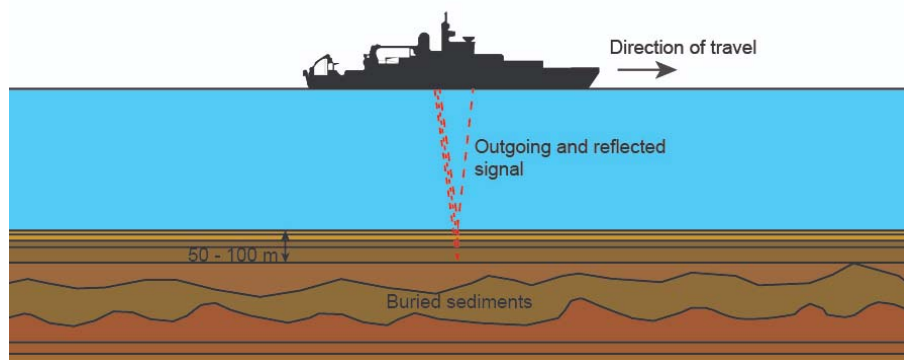


## 2.4. Sub Bottom Profiler

L'indagine sismo-acustica di tipo Sub Bottom Profiler (SBP) è indicata per ricostruire una successione stratigrafica e per individuare oggetti sepolti o ampie cavità nel substrato. In questo caso l'applicazione è stata prevista con la finalità di ricercare reperti archeologici sepolti nei primi metri di sedimento in alcune delle zone interessate dal dragaggio.

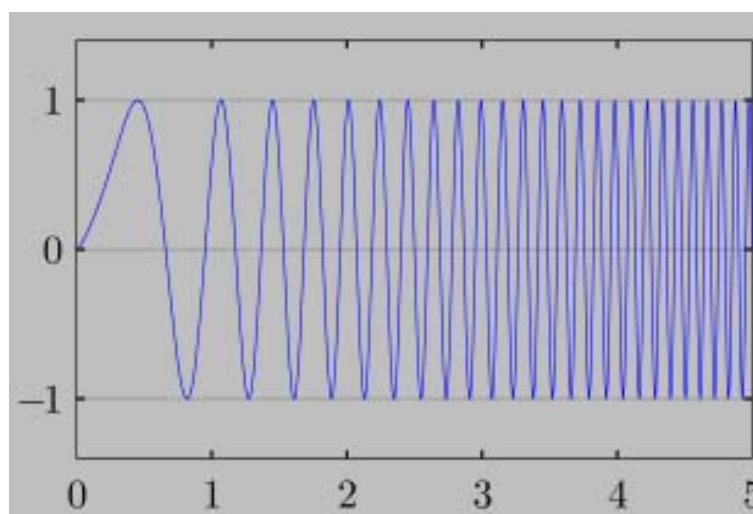
### *Principi di funzionamento*

La tecnologia SBP standard si basa sull'utilizzo di due diverse frequenze del segnale, chiamate rispettivamente Frequenza Primaria o Alta frequenza (solitamente nell'ordine di 100 o 200kHz) e frequenza secondaria o bassa frequenza (variabile da 5 a 15kHz). Il principio acustico è quello dell'ecoscandaglio (Figura 15) ma utilizzando queste due frequenze caratteristiche il metodo permette di ricostruire la batimetria con buon dettaglio, sfruttando le alte frequenze, e con le basse frequenze si ha la possibilità di penetrare in profondità il substrato andando a definire le sequenze litostratigrafiche presenti o ad individuare target.



**Figura 15: funzionamento di un sistema SBP**

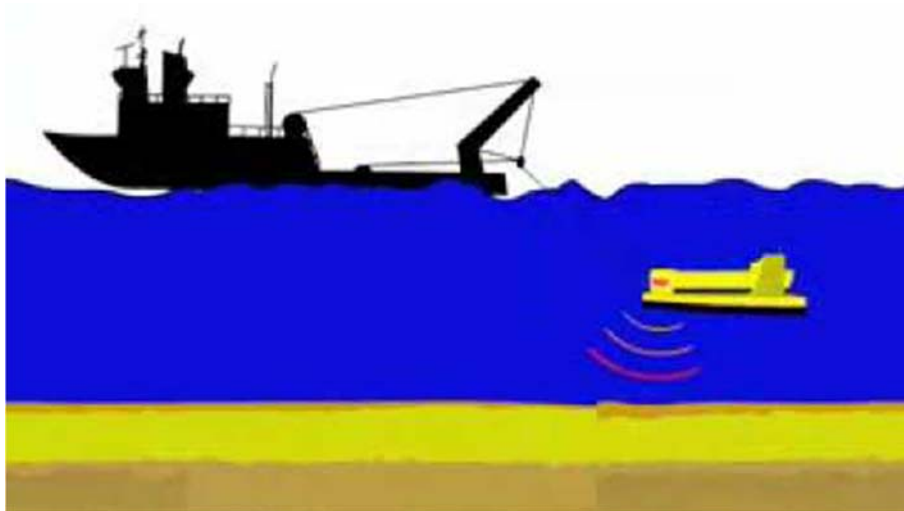
I sub bottom profiler di ultima generazione adottano la tecnologia "Chirp", che utilizza transienti modulati in frequenza generati digitalmente in trasduttori elettroacustici, con un ampio spettro di frequenze utilizzabili. Questo tipo di segnale modulato, detto "sweep" è un segnale sinusoidale che inizia con una determinata frequenza, ad esempio 2kHz, e cresce nel tempo fino a 7kHz (in questo esempio si definirebbe upsweep), per poi ripetersi nelle diverse posizioni di acquisizione (Figura 16). Lo sweep è un segnale potente in grado di fornire un buon rapporto segnale/rumore. Altro vantaggio di questa tecnica è dato dalla possibilità di modulare le frequenze, adattandole ai singoli casi, col risultato di ottenere una migliore caratterizzazione del sottosuolo.



**Figura 16: esempio di segnale modulato**

### Metodologia

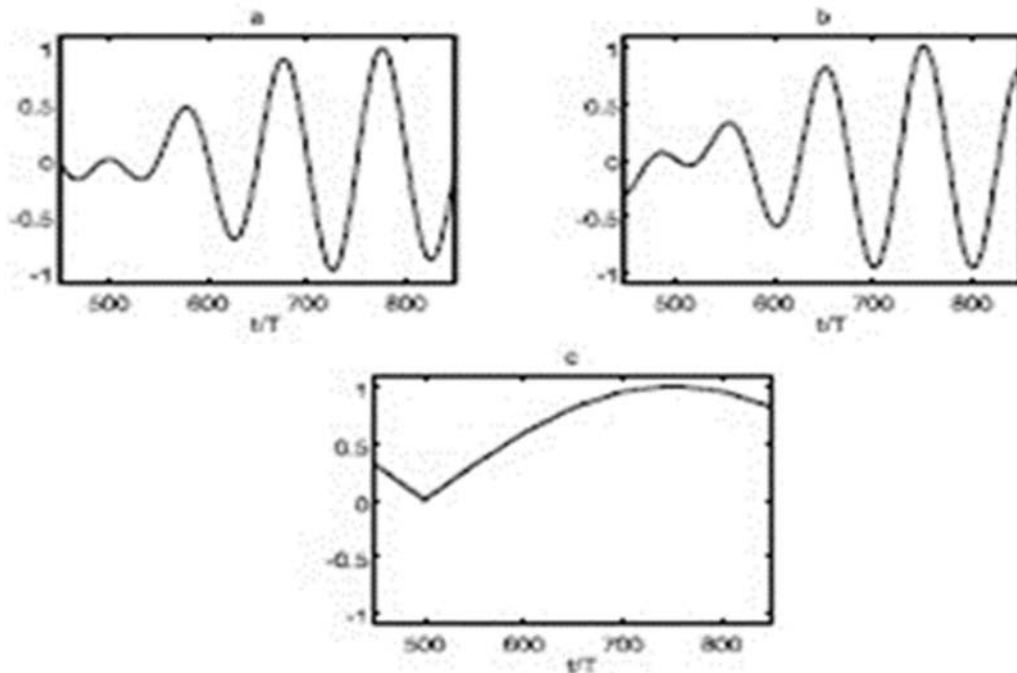
La profondità d'investigazione di questi sistemi dipende sostanzialmente dal tipo di substrato, dalla presenza o meno di vegetazione sul fondo e dalla natura e granulometria dei sedimenti, infatti la presenza di sedimenti grossolani induce il fenomeno di scattering dell'onda acustica con relativa attenuazione del segnale durante l'acquisizione (Figura 17).



**Figura 17: assetto in fase di acquisizione**

Un'onda acustica che si propaga nell'acqua incontra una serie di ostacoli lungo la colonna d'acqua (per esempio plankton, sedimento sospeso, materia organica) e alle interfacce di confine (fondale e superficie dell'acqua). Più precisamente, le irregolarità della superficie diffondono l'energia acustica in tutte le direzioni: una parte, viene riflessa senza alcuna deformazione (a parte le perdite per trasmissione) in una direzione speculare all'incidenza; la restante parte viene diffusa in tutto lo spazio, inclusa la direzione della sorgente (backscatter). Il rapporto tra le due suddette parti, riflessa e diffusa, è funzione principalmente della ruvidità superficiale. La ruvidità del fondale, legata a fenomeni geologici (roccia, fango, ecc..) o componenti biologiche (alghe, conchiglie, ecc..), copre un ampio intervallo che va da pochi millimetri a decine di metri (tappeti algali). In funzione della tipologia di sistema acustico e delle finalità con cui viene impiegato, le componenti energetiche di cui è costituito possono essere correlate all'oggetto della ricerca o rappresentare una fonte di disturbo (riverberazione). Diventa, quindi, di fondamentale importanza conoscerne le caratteristiche e le proprietà al fine di favorire la ricezione degli echi utili alle proprie ricerche e di filtrare o, quantomeno, ridurre i rumori presenti.

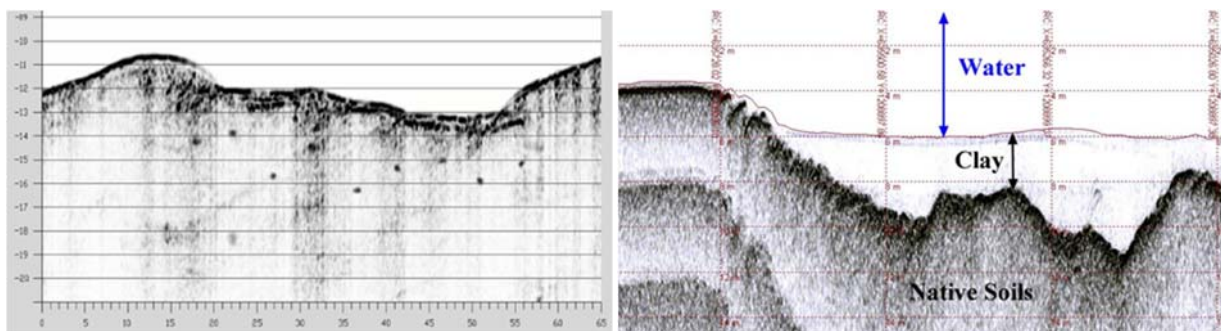
Il dato ottenuto in acquisizione non viene ulteriormente elaborato, poiché il segnale acustico registrato è preventivamente filtrato per eliminare frequenze superiori alla frequenza di Nyquist (per evitare fenomeni di aliasing, cioè segnale sottocampionato). La tipica rappresentazione del dato chirp è in "ampiezza istantanea", ovvero l'involuppo della trasformata di Hilbert del segnale, rendendo tutti i campioni di segno positivo (Figura 18).



**Figura 18: a) segnale modulato in ampiezza - b) trasformata di Hilbert del segnale modulato in ampiezza - c) inviluppo del segnale modulato**

L'unico procedimento che può essere applicato in post processing sui dati chirp, oltre a funzioni di recupero delle ampiezze per migliorare la visualizzazione dei riflettori, è la migrazione in tempo (time migration), utilizzando un campo di velocità pari a quella dell'onda acustica nell'acqua, è possibile eliminare le diffrazioni legate alla morfologia del fondale e riportare l'energia nelle reali posizioni da cui proviene, ottenendo, per lo meno a livello teorico un'immagine acustica più precisa.

Si ottengono così delle immagini sismiche del sottosuolo, nelle quali vengono evidenziati il fondale, e i principali riflettori che corrispondono ai passaggi di strato (Figura 19), facilmente tarabili avendo a disposizione qualche sondaggio diretto e conoscendo le caratteristiche sedimentologiche e geologiche locali.



**Figura 19: esempi di sezioni sismoacustiche (a sx teste di pali in CLS, a dx coltre di argilla)**

Nei passaggi tra i diversi mezzi a impedenza acustica diversa, l'onda viene parzialmente riflessa e una parte prosegue la penetrazione finché non viene dissipata tutta l'energia. Onde di bassa frequenza hanno solitamente maggiore penetrazione ma minore risoluzione; al contrario onde con alte frequenze hanno elevata risoluzione ma scarsa capacità di penetrazione.

L'onda riflessa verso la superficie può, a sua volta, essere riflessa nuovamente verso il basso dallo strato acqua/aria. Questo fenomeno genera riflessioni dette "multiple" che non possono essere rimosse dal dato.

### *Equipaggiamento*

La strumentazione utilizzata per l'indagine è costituita da: un computer tipo laptop interfacciato sia al sistema di navigazione, via seriale, che al processore digitale di superficie della sorgente sismica, mediante cavo di

rete (Figura 20), e un trasduttore chirp a doppia frequenza modello EdgeTech SB-424 (Figura 21), fissato con una cima a fianco della barca, collegato con cavo subacqueo rinforzato in kevlar all'unità di alimentazione e processo digitale dei dati. Per l'acquisizione è possibile utilizzare frequenze tra 4 e 24kHz.



Figura 20: equipaggiamento per l'indagine SBP, collegata tramite seriale al sistema di navigazione



Figura 21: il trasduttore Chirp SB-424 collegato al sistema e filato a fianco della barca



### 3. Indagine topografica

I rilievi topografici a supporto del rilievo batimetrico multi beam, sono consistiti nel materializzare e misurare una coppia di caposaldi sulla torre di controllo del Circolo Nautico Marinara (Allegato A – Monografie dei vertici). Questa posizione, molto elevata (Figura 22) ha consentito di ottenere un'ottima copertura col segnale differenziale RTK, consentendo di effettuare i rilievi sempre con la migliore accuratezza possibile.



**Figura 22: ubicazione dei due vertici sulla torre del Marinara da cui si domina l'intero porto di Ravenna**

Per ogni sessione di lavoro, la base GNSS Trimble R6 è stata installata sempre nella stessa posizione utilizzando un sistema tipo centramento forzato e messa in funzione in modalità RTK. Subito dopo l'accensione, utilizzando il Rover Trimble R6, è stata effettuata una misura sul caposaldo della RGC o su un altro vertice di controllo per verificare il corretto funzionamento.



## 4. Indagine Multi Beam

Il rilievo batimetrico del fondale del porto di Ravenna oggetto di interesse (Figura 23), si è svolto tra il 27 novembre ed il 15 dicembre. Il rilievo è stato esteso complessivamente su un'area di 4.357.670mq, interessando le zone di San Vitale, Largo Trattaroli, Pialassa del Piombone, Curva Marina, Canale Candiano-Baiona, zona Crociere, avamposto e canaletta, fino a circa 5,5km dalla testa delle dighe.

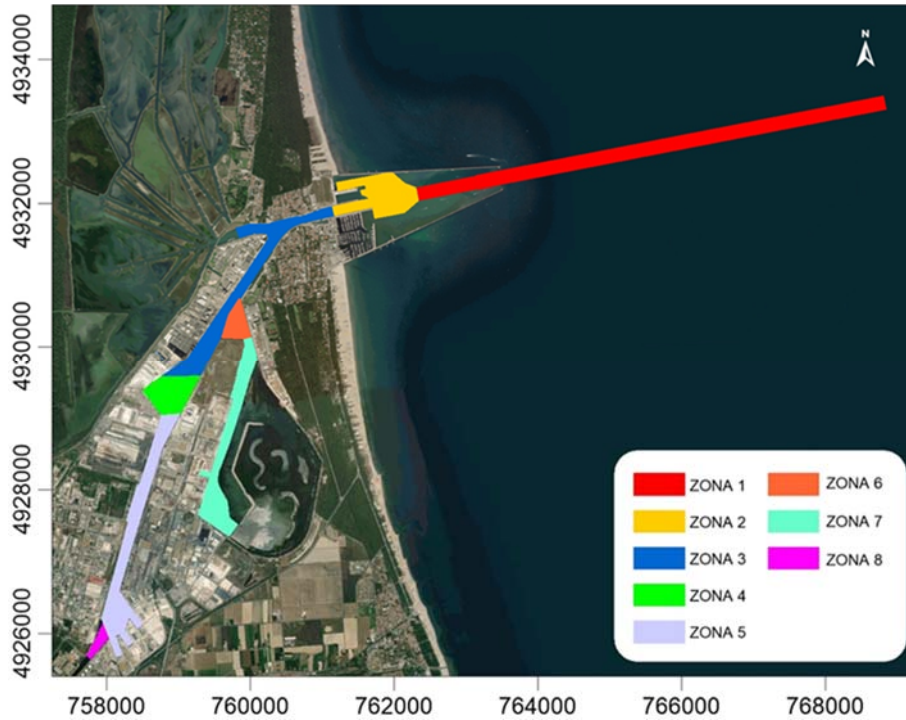


Figura 23: area del porto di Ravenna interessata dai rilievi MBES

### 4.1. Acquisizione dei dati

In funzione delle condizioni meteo e marine, dell'avviso di pericolosità della Capitaneria di Porto, del traffico navale e della disponibilità dei luoghi, legata alla presenza di navi all'ormeggio, sono state decise quotidianamente le zone da rilevare, cercando di dare priorità a quelle segnalate dalla Committenza.

Per i rilievi è stata impiegata la nostra imbarcazione da lavoro (Figura 24) iscritta nel RNMG di Porto Garibaldi – Ravenna. Solo per i rilievi del fondale della canaletta oltre le 2NM dalla costa, è stata impiegata una seconda imbarcazione “uso conto terzi”: la Alicante della società Ciappini (Figura 25).



**Figura 24: m/B Anfibia in navigazione con equipaggiamento per i rilievi batimetrici**



**Figura 25: la M/B Alicante della Ciappini, armata col nostro sistema per i rilievi batimetrici MBES**

All'inizio delle attività ci si è concentrati sull'area tra San Vitale e Largo Trattaroli; la zona tra Curva Marina e Avamporto è stata alternata in virtù delle condizioni meteo e marine con la zona esterna alle dighe; per ultima è stata rilevata la zona del Piombone e la parte esterna della canaletta, utilizzando la seconda unità navale.

#### **4.2. Elaborazione e restituzione dei dati**

Il processo di elaborazione e restituzione dei dati batimetrici del fondale ha seguito un protocollo consolidato:

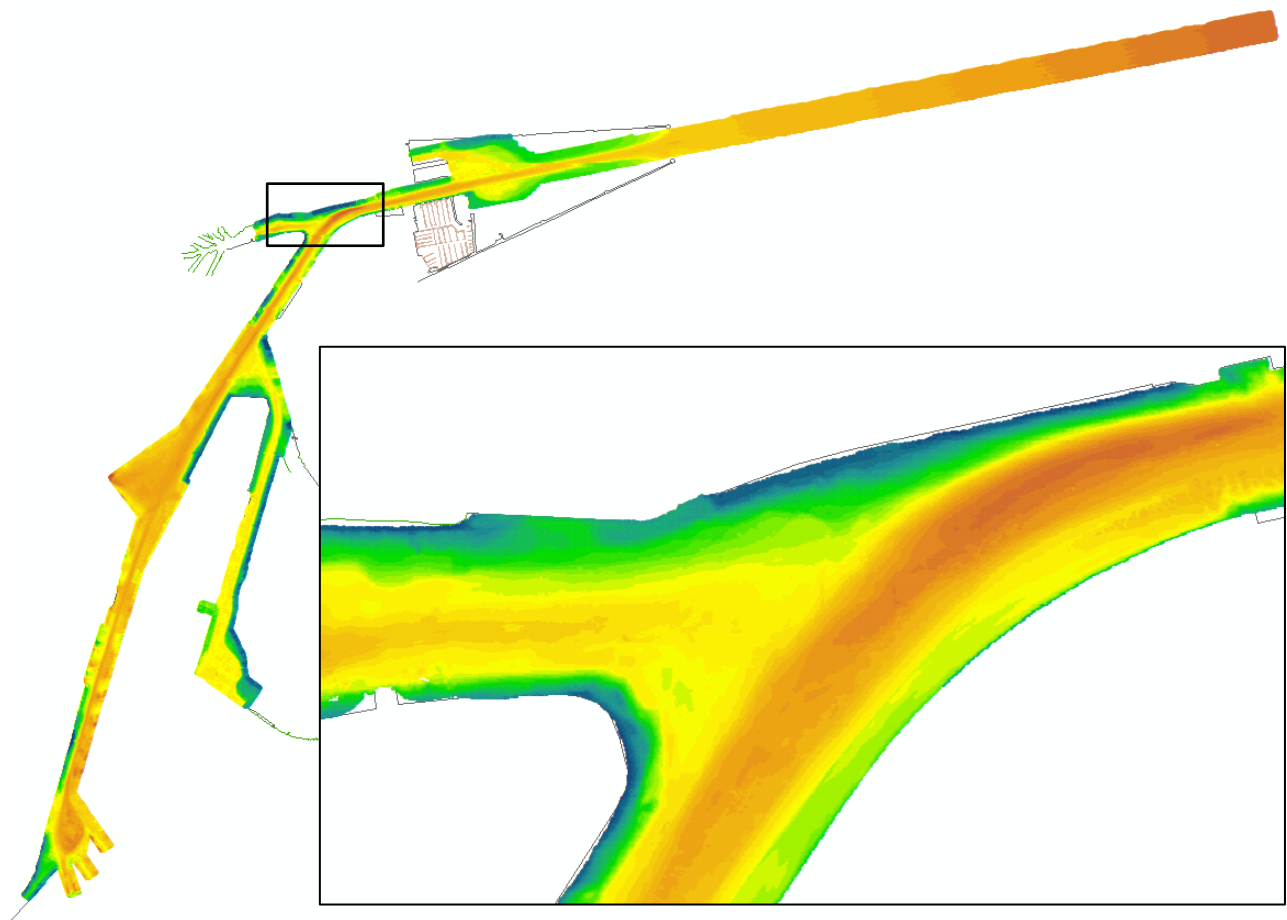
- Despiking;
- Correzione di possibili artefatti generati dal profilo della velocità del suono nella colonna batimetrica;
- Estrazione del grid ad alta definizione;
- Modellazione del terreno (DTM);
- Estrazione delle curve di livello.

I primi tre passaggi sono stati eseguiti all'interno del software idrografico QPS Qimera; la successiva gestione dei dati è stata realizzata con software CAD/GIS.

Il riferimento planimetrico ed altimetrico utilizzato durante il rilievo (Rete Geodetica Costiera, Arpa 2017) è stato mantenuto anche nell'elaborazione e nella produzione dei primi elaborati cartografici. A seguito dell'attività di livellazione e studio del medio mare locale, eseguita in accordo con la Committenza, e completata all'inizio del 2021, è stato possibile definire un valore di correzione per restituire i dati batimetrici in riferimento al LMM locale Ravenna 2020. Tale valore, pari a +4cm (si veda la Relazione tecnica livellazione e Imm), è stato associato al dato altimetrico del fondale e sono stati generati nuovi set di dati numerici XYZ e cartografici riferiti al medio mare locale.

#### *Estrazione del grid*

Dal complesso dei dati acquisiti, dopo la pulizia, è stato estratto un grid ad alta definizione con maglia regolare di 0,5x0,5metri (Figura 26). Altri grid con definizioni più basse (1m, 5m e 10m) sono stati estratti per rendere disponibile per le diverse esigenze della PE.



**Figura 26: estensione del GRID estratto dai dati rilevati e ingrandimento sul particolare della Curva Marina**

#### *Elaborazione del DTM*

Dai grid regolari sono stati elaborati i modelli digitali del terreno 3D (DTM) che rappresentati in scala cromatica (da Figura 27 a Figura 32) hanno dato una definizione chiara dell'assetto planoaltimetrico dei fondali. Inoltre, questi output sono particolarmente indicati per effettuare calcoli relativi ai volumi di sedimento da dragare.

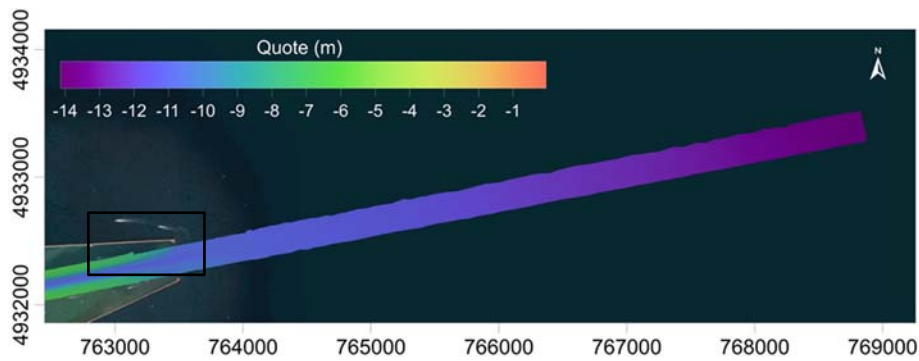


Figura 27: DTM 3D elaborato dai dati rilevati (particolare del canale di accesso al porto)

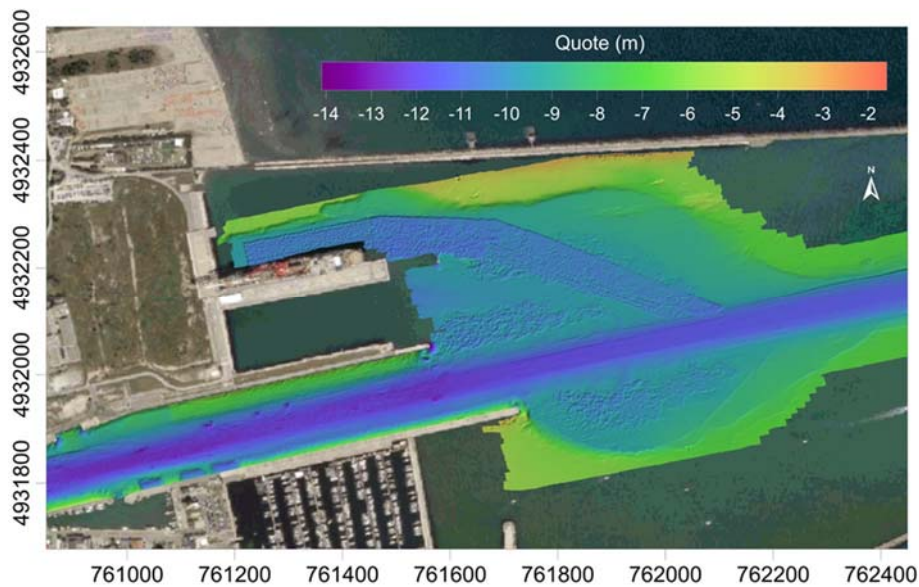


Figura 28: DTM 3D elaborato dai dati rilevati (particolare dell'avamposto)



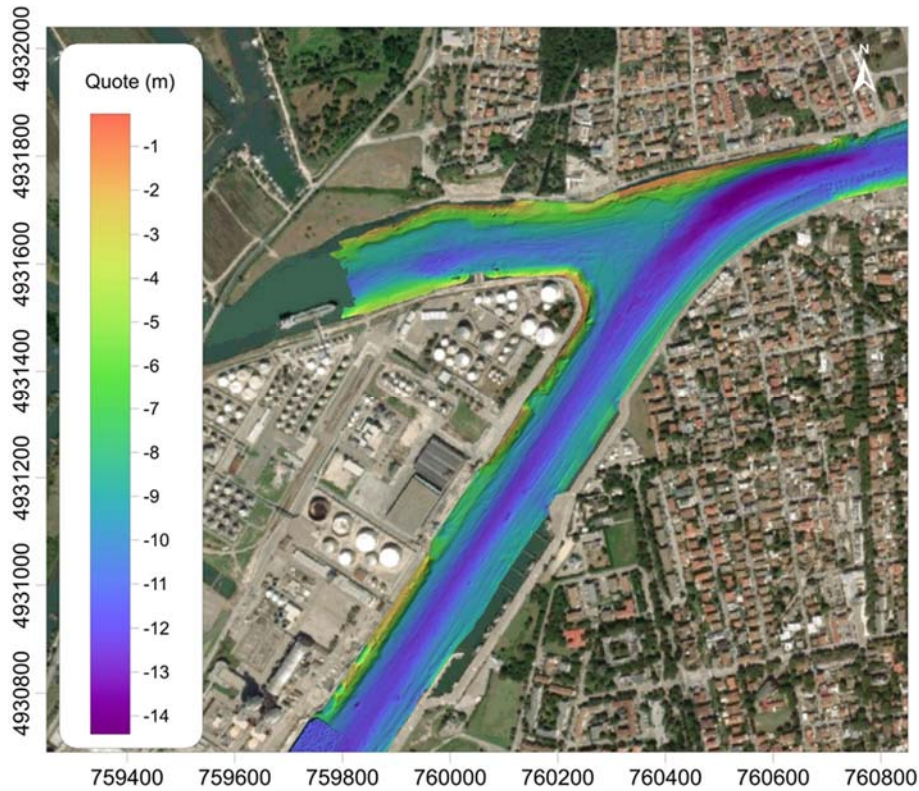


Figura 29: DTM 3D elaborato dai dati rilevati (particolare della curva Marina)

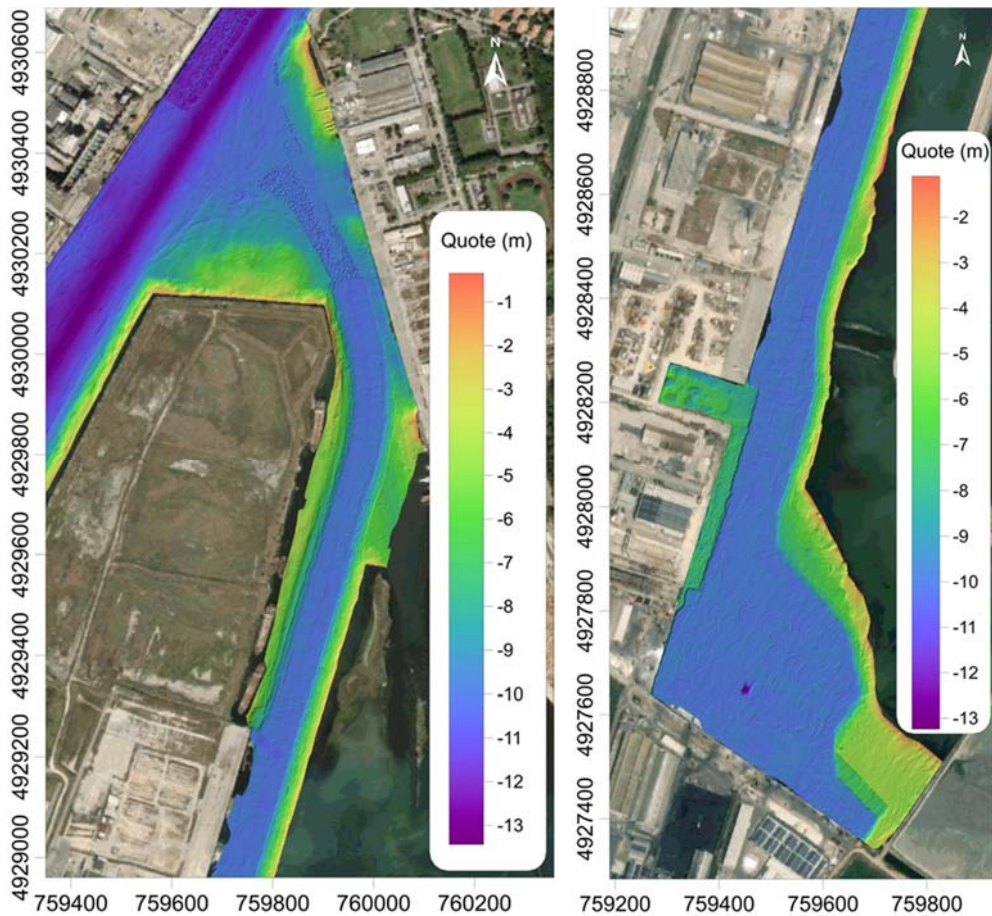


Figura 30: DTM 3D elaborato dai dati rilevati (particolare della Pialassa del Piombone)

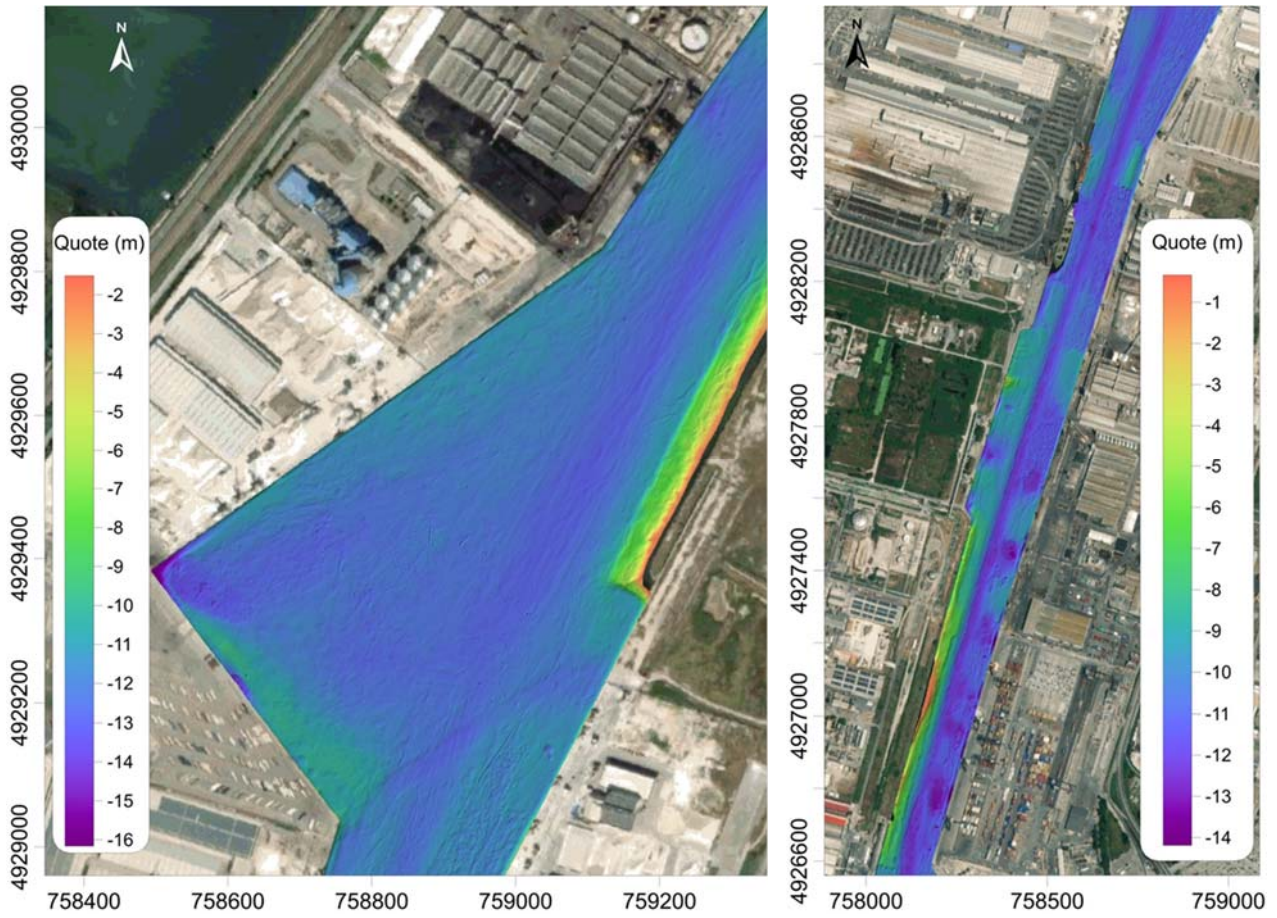
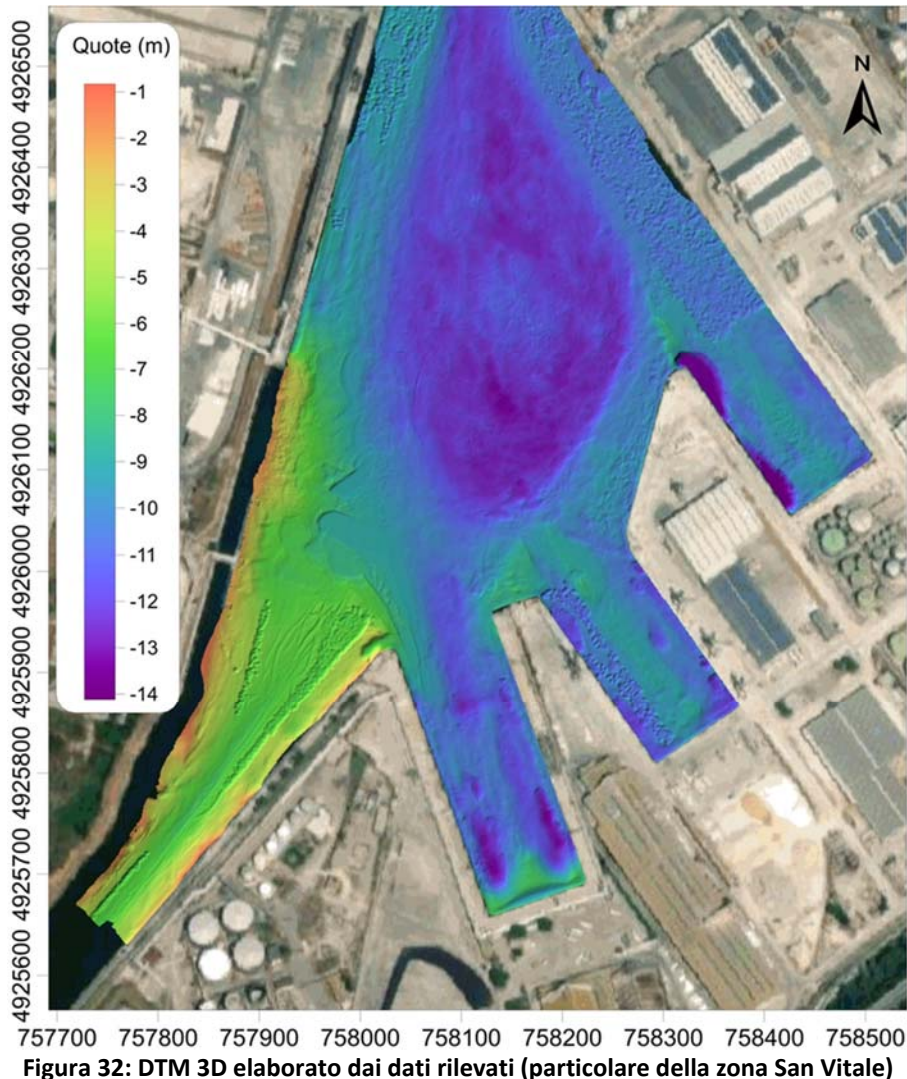


Figura 31: DTM 3D elaborato dai dati rilevati (particolare di Largo Trattaroli e canale San Vitale)

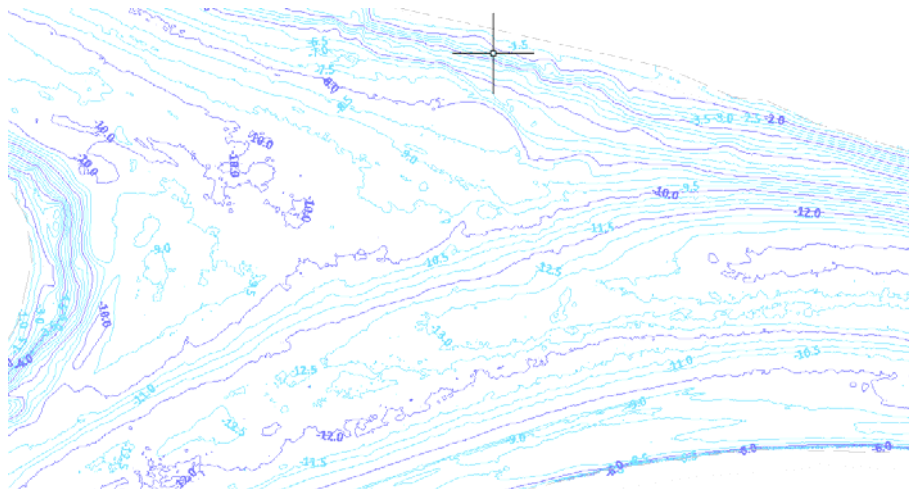




La consegna del DTM è avvenuta attraverso 9 Tavole in scala 1:2.500.

#### *Elaborazione delle isolinee*

Dai DTM sono state estratte le isolinee di quota con intervallo di 0,5m (Figura 33) per rendere in modo più schematico l'assetto dei fondali. La consegna delle curve di livello è avvenuta attraverso 9 Tavole in scala 1:2.500.



**Figura 33: particolare dell'elaborazione delle curve di livello nella zona della Curva Marina**

Nelle tavole delle isolinee sono anche stati inseriti i target individuati tramite il rilievo SSS (Capitolo 5) e SBP (Capitolo 6).



## 5. Side Scan sonar

Il rilievo SSS è stato intrapreso principalmente con finalità archeologiche, per verificare la presenza di target riconducibili a reperti. A tal fine è stata specificatamente definita dalla Committenza l'area d'indagine da coprire in associazione al rilievo batimetrico Multi Beam.

### 5.1. Acquisizione dei dati

L'acquisizione del dato SSS è avvenuta sulle medesime linee del rilievo MBES utilizzando una frequenza di 400kHz. Per coprire l'area di interesse di circa 900.000mq (Figura 34) sono state acquisite dal 10 al 12 dicembre 2020 ottantanove (89) linee di side scan sonar ( ) per uno sviluppo complessivo di oltre 67Km.



Figura 34: area del porto di Ravenna interessata dai rilievi Side Scan Sonar

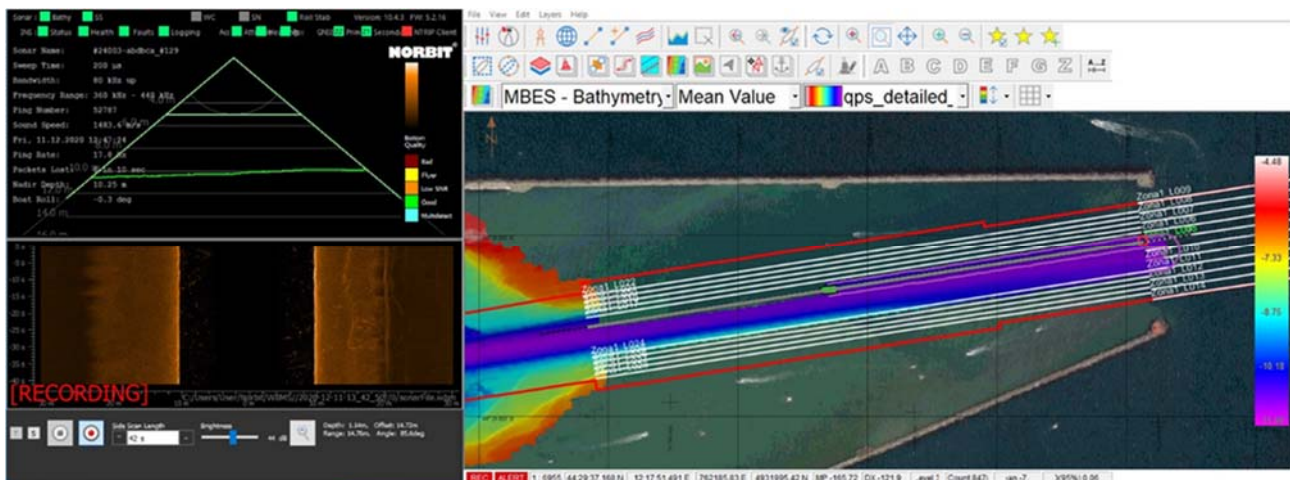


Figura 35: il sistema Norbit iWBMS in acquisizione del dato SSS nell'avamposto (sulla sx) e la planimetria del programma di navigazione (sulla dx)

### 5.2. Elaborazione dei dati

L'elaborazione del dato SSS ha seguito il seguente flusso di lavoro, basato sull'esperienza di processing dell'operatore e le possibilità offerte dai software:

- Import dei file nel software elaborazione;
- Controllo qualità;
- Correzione della slant range;
- Recupero delle ampiezze.

I dati registrati dal sistema Norbit iWBMS in formato \*.s7k sono stati importati nel software di elaborazione / interpretazione utilizzando la corretta geodesia.

Una volta caricati si è passati al controllo qualità del dato, verificando la presenza di artefatti dovuti alla navigazione e che il dato sia presente e continuo lungo tutta la registrazione.

La successiva correzione della slant range, intesa come distanza al nadir fra lo strumento e il fondo è servita per eliminare dal risultato finale l'apporto in tempi della colonna d'acqua.

### 5.3. Restituzione dei dati

Le linee processate sono state analizzate una alla volta dall'operatore per la ricerca di eventuali oggetti appoggiati sul fondo del mare e quindi identificabili. Gli oggetti identificati vengono segnalati dall'operatore come contatti sonar di cui è possibile prendere le dimensioni manualmente. Larghezza e lunghezza dell'oggetto sono facilmente identificabili essendo il dato georeferenziato, mentre per misurare l'altezza è necessario che l'oggetto "faccia ombra", cioè che dietro di esso ci sia un'assenza di segnale. Misurando le dimensioni dell'ombra il software è in grado di stimare l'altezza dell'oggetto stesso.

Con queste informazioni l'operatore è in grado di schedare i contatti sonar, attribuendo le dimensioni ed ipotizzandone la natura, anche in base alla forma riscontrata.

Le linee processate vengono sovrapposte per andare a formare un'immagine dell'area di lavoro. Tale risultato prende il nome di mosaico, che è stato consegnato in tre tavole in scala 1:2.500..

Il dato SSS mostra una generale uniformità del sedimento sul fondo, che presenta una riflettività medio – bassa, con la presenza di oggetti sul fondo identificati come target. In questa generale uniformità si nota particolarmente il cambio di riflettività dovuta alla batimetria, essendo il sistema montato a palo.

L'indagine side scan sonar ha consentito di individuare e mappare 22 contatti (Figura 3 e Tabella 1)

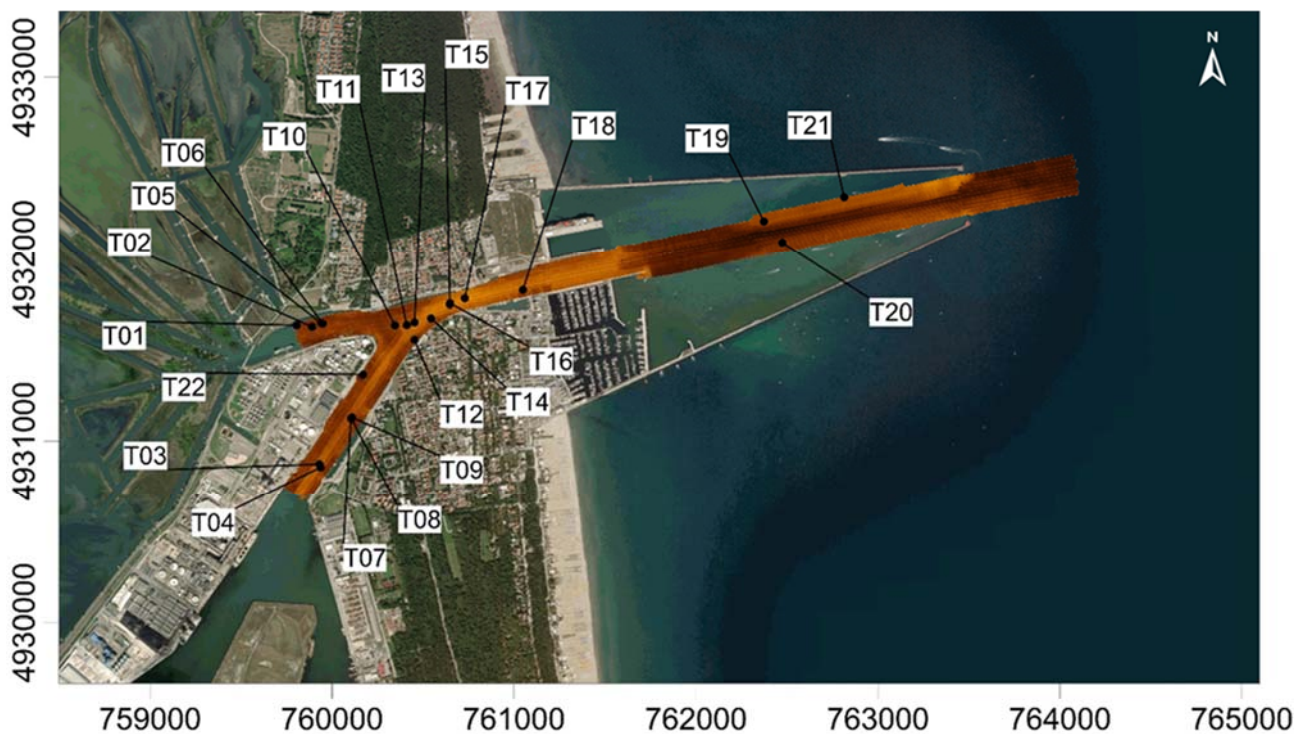
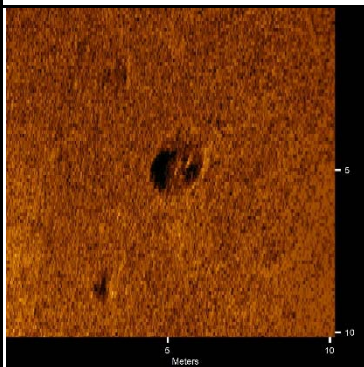
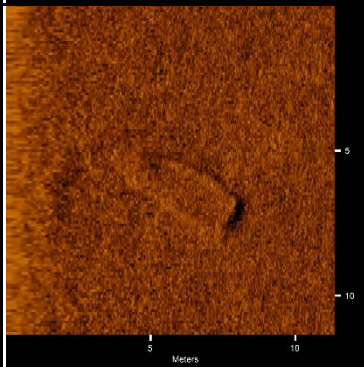
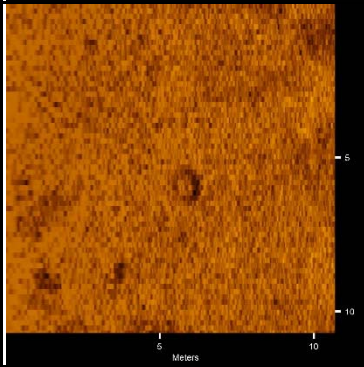
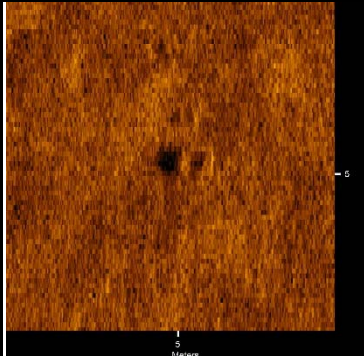


Figura 36: Mosaico Side Scan Sonar con posizionamento dei target

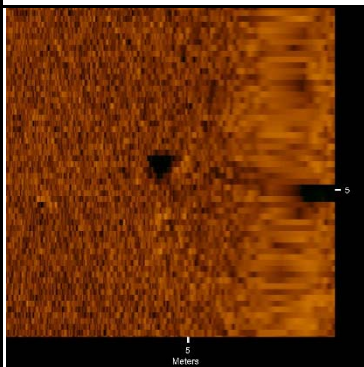
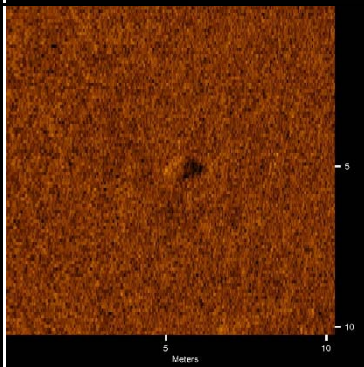
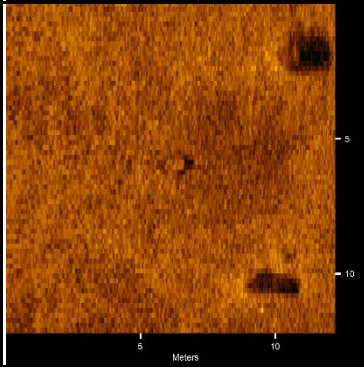
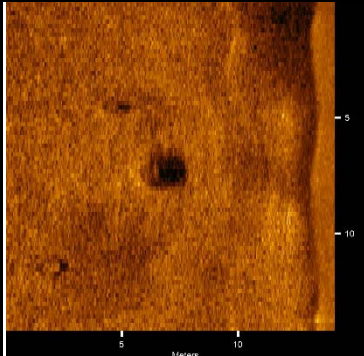
Target ID	Easting (m)	Northing (m)	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Depth (m, l.m.m.)	Description
T01	759805.76	4931635.50	0.9	1.0	0.2	-4.44	tires
T02	759890.62	4931627.35	4.6	1.6	0.4	-8.68	wreck
T03	759930.46	4930873.37	0.7	0.7	0.2	-12.12	tires
T04	759937.92	4930855.88	0.7	0.7	0.4	-11.02	unknown
T05	759940.59	4931647.17	0.3	0.2	1.5	-8.46	unknown
T06	759948.86	4931644.38	0.6	0.5	0.3	-8.90	unknown
T07	760104.03	4931127.52	0.7	0.7	0.1	-12.11	tires
T08	760105.94	4931122.60	0.8	0.5	0.6	-12.03	unknown
T09	760110.09	4931130.20	0.6	0.4	0.5	-12.39	tires
T10	760345.32	4931634.52	2.6	1.3	0.6	-9.61	unknown
T11	760410.03	4931636.96	2.4	1.2	0.4	-12.52	large rocks
T12	760452.91	4931556.15	0.9	0.6	0.5	-8.39	unknown
T13	760453.64	4931650.14	1.3	1.0	1.0	-13.26	possibke rock
T14	760544.79	4931672.88	0.6	0.6	nmh	-9.94	tires
T15	760647.90	4931748.41	6.8	0.4	0.3	-12.37	unknown
T16	760648.59	4931756.57	11.8	0.3	0.4	-12.44	unknown
T17	760729.43	4931783.44	0.6	0.2	0.9	-13.02	unknown
T18	761048.68	4931829.74	0.8	0.6	nmh	-11.48	unknown
T19	762373.13	4932209.57	2.1	1.4	1.0	-6.78	dead weight
T20	762474.25	4932091.03	2.4	1.7	1.2	-6.54	dead weight
T21	762813.73	4932342.63	2.9	1.7	0.7	-7.00	dead weight
T22	760170.90	4931365.98	4.3	7.0	nmh	-5.16	unknown

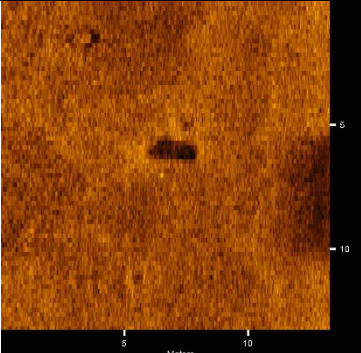
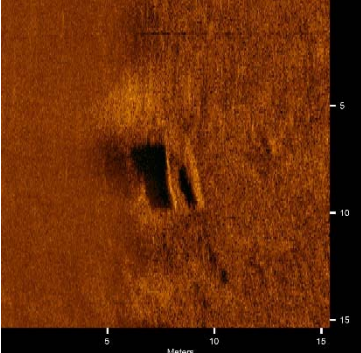
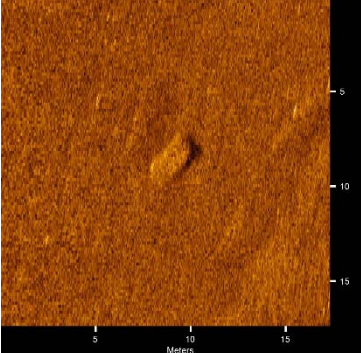
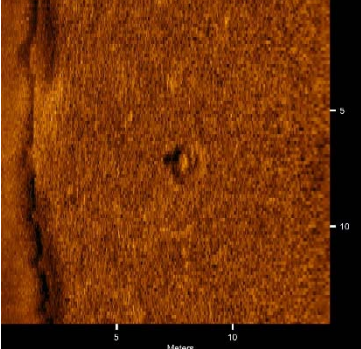
**Tabella 1: Sintesi del target report SSS (nmh, not measurable height)**

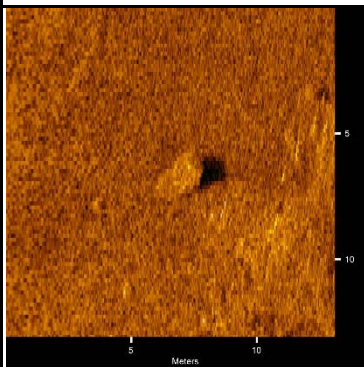
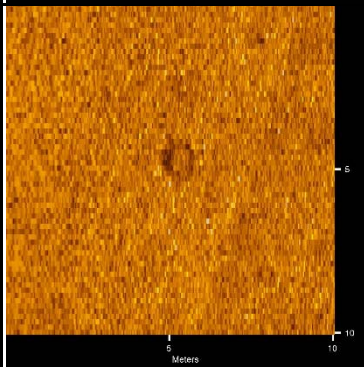
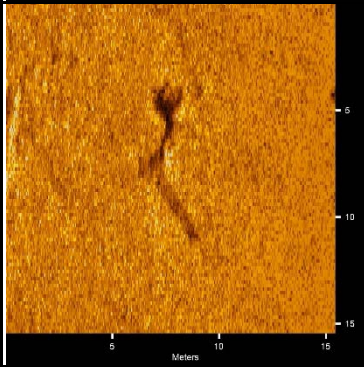
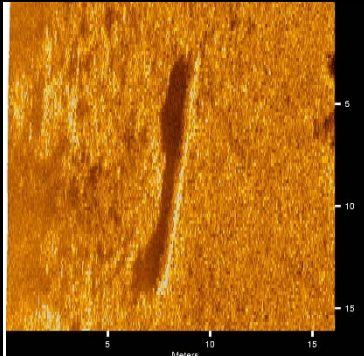
Di seguito viene riportato il target report completo.

Target Image	Target Info	User Entered Info
	<p>Target01</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 759805.76 NORTHING: 4931635.50</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.0 Meters</li> <li>Target Height: 0.2 Meters</li> <li>Target Length: 0.9 Meters</li> <li>Target Depth: -4.44 Meters</li> <li>Classification1: tires</li> </ul>
	<p>Target02</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 759xxx NORTHING: 4931xxx</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.6 Meters</li> <li>Target Height: 0.4 Meters</li> <li>Target Length: 4.6 Meters</li> <li>Target Depth: -8.68 Meters</li> <li>Classification1: wreck</li> </ul>
	<p>Target03</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 759930.46 NORTHING: 4930873.37</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.7 Meters</li> <li>Target Height: 0.2 Meters</li> <li>Target Length: 0.7 Meters</li> <li>Target Depth: -12.12 Meters</li> <li>Classification1: tires</li> </ul>
	<p>Target04</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 759937.92 NORTHING: 4930855.88</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.7 Meters</li> <li>Target Height: 0.4 Meters</li> <li>Target Length: 0.7 Meters</li> <li>Target Depth: --11.02 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>

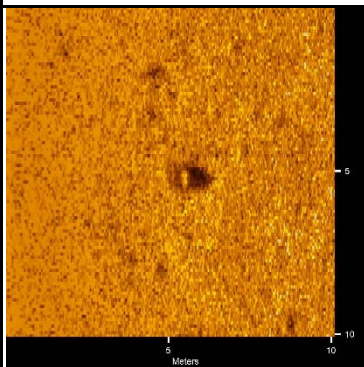
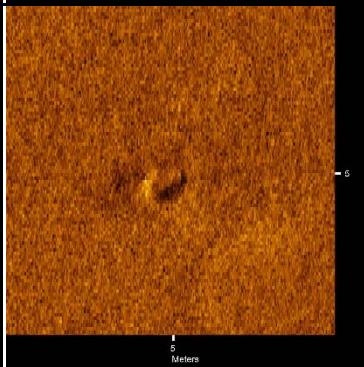
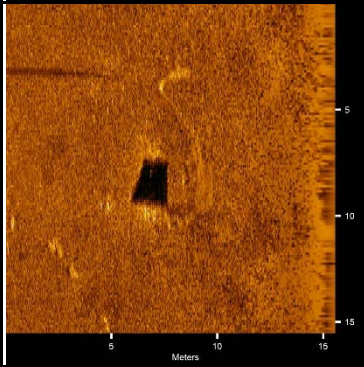
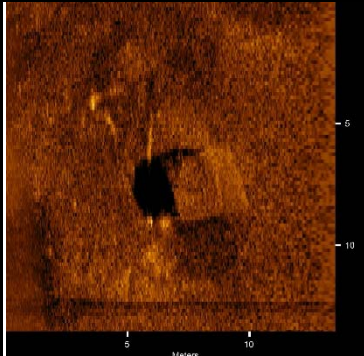


Target Image	Target Info	User Entered Info
	<p>Target05</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 759940.59 NORTHING: 4931647.17</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.2 Meters</li> <li>Target Height: 1.5 Meters</li> <li>Target Length: 0.3 Meters</li> <li>Target Depth: -8.46 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>
	<p>Target06</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 759948.86 NORTHING: 4931644.38</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.5 Meters</li> <li>Target Height: 0.3 Meters</li> <li>Target Length: 0.6 Meters</li> <li>Target Depth: -8.90 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>
	<p>Target07</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760104.03 NORTHING: 4931127.52</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.7 Meters</li> <li>Target Height: 0.1 Meters</li> <li>Target Length: 0.7 Meters</li> <li>Target Depth: -12.11 Meters</li> <li>Classification1: tires</li> </ul>
	<p>Target08</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760105.94 NORTHING: 4931122.60</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.5 Meters</li> <li>Target Height: 0.6 Meters</li> <li>Target Length: 0.8 Meters</li> <li>Target Depth: -12.03 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>


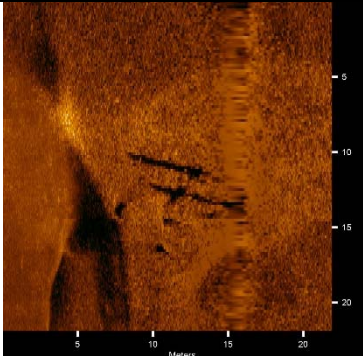
Target Image	Target Info	User Entered Info
	<p>Target09</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760110.09 NORTHING: 4931130.20</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.4 Meters</li> <li>Target Height: 0.5 Meters</li> <li>Target Length: 0.6 Meters</li> <li>Target Depth: -12.39 Meters</li> <li>Classification1: tires</li> </ul>
	<p>Target10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760345.32 NORTHING: 4931634.52</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.3 Meters</li> <li>Target Height: 0.6 Meters</li> <li>Target Length: 2.6 Meters</li> <li>Target Depth: -9.61 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>
	<p>Target11</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760410.03 NORTHING: 4931636.96</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.2 Meters</li> <li>Target Height: 0.4 Meters</li> <li>Target Length: 2.4 Meters</li> <li>Target Depth: -12.52 Meters</li> <li>Classification1: large rocks</li> </ul>
	<p>Target12</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760452.91 NORTHING: 4931556.15</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.6 Meters</li> <li>Target Height: 0.5 Meters</li> <li>Target Length: 0.9 Meters</li> <li>Target Depth: -8.39 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>

Target Image	Target Info	User Entered Info
	<p>Target13</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760xxx NORTHING: 4931xxx</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.0 Meters</li> <li>Target Height: 1.0 Meters</li> <li>Target Length: 1.3 Meters</li> <li>Target Depth: -13.26 Meters</li> <li>Classification1: possibke rock</li> </ul>
	<p>Target14</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position EASTING: 760544.79 NORTHING: 4931672.88</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.6 Meters</li> <li>Target Height: nmh</li> <li>Target Length: 0.6 Meters</li> <li>Target Depth: -9.49 Meters</li> <li>Classification1: tires</li> </ul>
	<p>Target15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760647.90 NORTHING: 4931748.41</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.4 Meters</li> <li>Target Height: 0.3 Meters</li> <li>Target Length: 6.8 Meters</li> <li>Target Depth: -12.37 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>
	<p>Target16</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760xxx NORTHING: 4931xxx</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.3 Meters</li> <li>Target Height: 0.4 Meters</li> <li>Target Length: 11.8 Meters</li> <li>Target Depth: -12.44 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>



Target Image	Target Info	User Entered Info
	<p>Target17</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760729.43 NORTHING: 4931783.44</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.2 Meters</li> <li>Target Height: 0.9 Meters</li> <li>Target Length: 0.6 Meters</li> <li>Target Depth: -13.02 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>
	<p>Target18</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 761048.68 NORTHING: 4931829.74</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 0.6 Meters</li> <li>Target Height: nmh</li> <li>Target Length: 0.8 Meters</li> <li>Target Depth: -11.48 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>
	<p>Target19</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 762373.13 NORTHING: 4932209.57</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.4 Meters</li> <li>Target Height: 1.0 Meters</li> <li>Target Length: 2.1 Meters</li> <li>Target Depth: -7.68 Meters</li> <li>Classification1: dead weight</li> </ul>
	<p>Target20</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 762474.25 NORTHING: 4932091.03</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.7 Meters</li> <li>Target Height: 1.2 Meters</li> <li>Target Length: 2.4 Meters</li> <li>Target Depth: -6.54 Meters</li> <li>Classification1: dead weight</li> </ul>



Target Image	Target Info	User Entered Info
	<p>Target21</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 762813.73 NORTHING: 4932342.63</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 1.7 Meters</li> <li>Target Height: 0.7 Meters</li> <li>Target Length: 2.9 Meters</li> <li>Target Depth: -7.00 Meters</li> <li>Classification1: dead weight</li> </ul>
	<p>Target22</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Click Position (WGS84-UTM32) EASTING: 760170.90 NORTHING: 4931365.98</li> </ul>	<p>Dimensions and attributes</p> <p>Dimensions and attributes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Width: 7.0 Meters</li> <li>Target Height: nmh</li> <li>Target Length: 4.3 Meters</li> <li>Target Depth: -5.16 Meters</li> <li>Classification1: unknown</li> </ul>

## 6. Sub Bottom Profiler

L'attività con finalità archeologica è stata condotta nelle giornate del 20, 21 e 22 Aprile 2021 nell'area indicata in Figura 37.

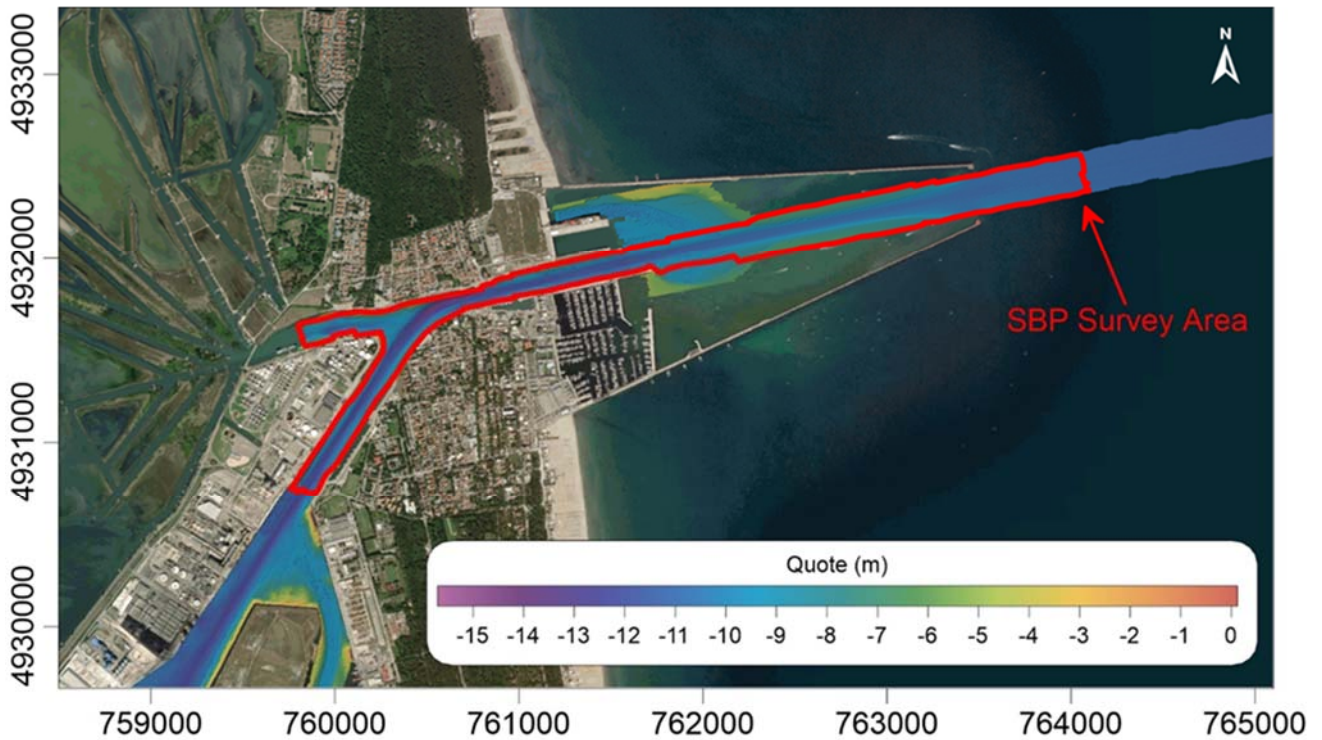


Figura 37: Area indagata mediante Sub Bottom Profiler

### 6.1. Acquisizione dati

Sono state acquisite in totale 91 linee di sub bottom profiler distanziate circa 10 m a coprire un'area di circa 900.000 mq navigando oltre 92km di profili (Figura 37 e Figura 38).

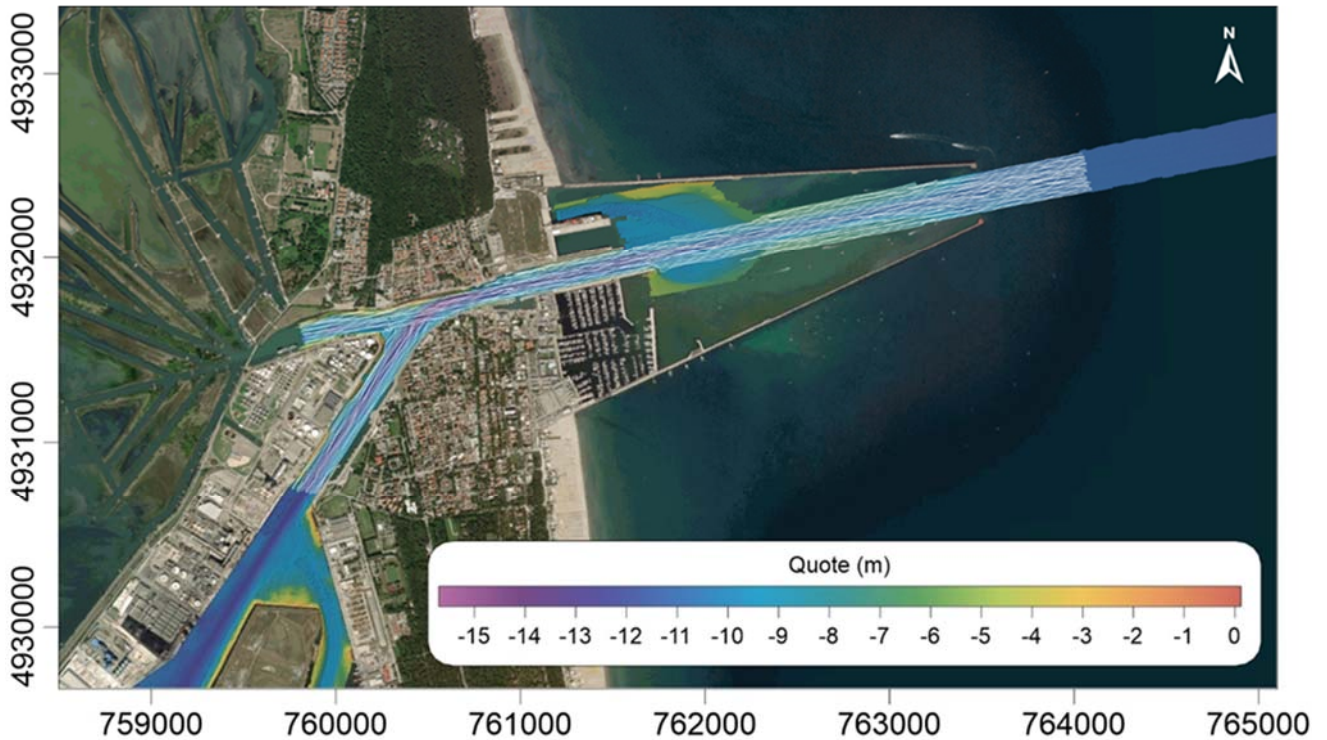


Figura 38: Linee di Sub Bottom Profiler acquisite

## 6.2. Elaborazione dei dati

Le buone condizioni meteomarine e lo scarso traffico navale hanno influito positivamente sulla qualità del dato che risulta quasi totalmente privo di disturbi dovuti al moto ondoso.

Le linee acquisite sono state salvate in formato segy rev1 e caricate nel software di elaborazione e interpretazione.

Il segnale presenta una penetrazione media di circa 2.5 metri nei sedimenti, il basamento acustico è generalmente in corrispondenza di un riflettore ad elevata ampiezza o coincidente con quello che è stato interpretato come una saturazione in gas o fluidi del sedimento. Localmente, dove le condizioni lo permettono, la penetrazione del segnale aumenta fino a circa 6 metri.

La fase di elaborazione del dato si è limitata all'applicazione di un AGC (automatic gain control) per migliorare la resa visiva delle sezioni sismiche (Figura 39).

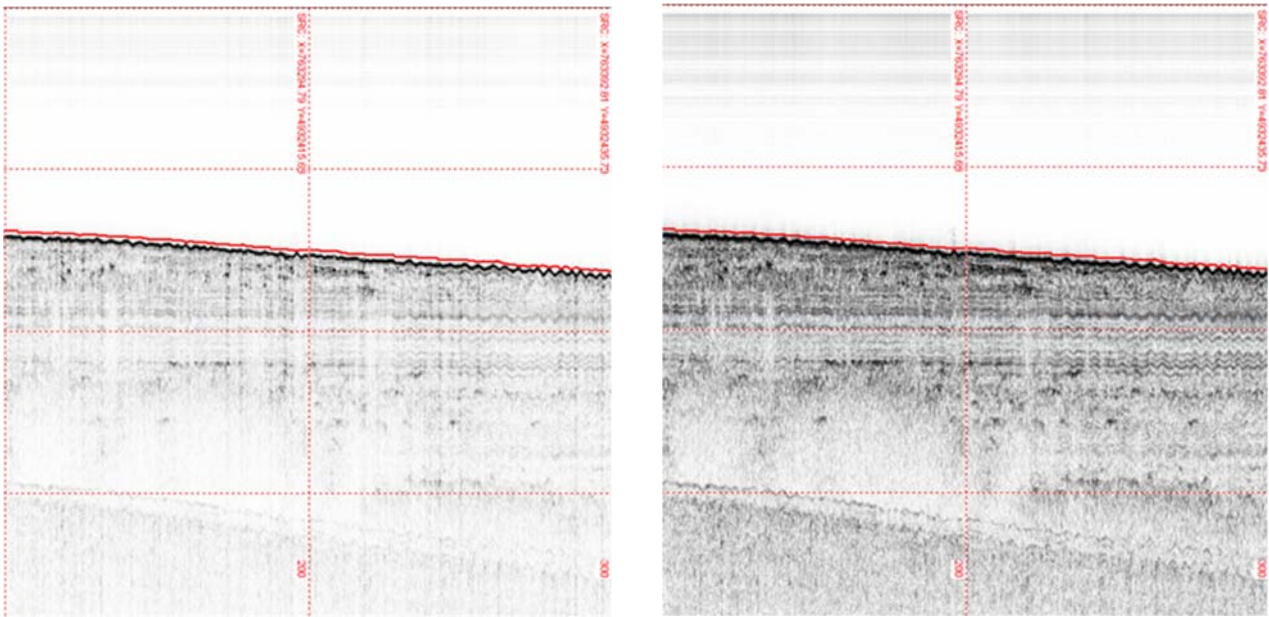


Figura 39: Sezione sismica “originale” (a sx) e “guadagnata” AGC (a dx)

Ultimato il controllo di qualità del dato e la sua elaborazione le sezioni sismiche sono state analizzate alla ricerca di possibili target antropici di interesse archeologico escludendo eventuali strutture poggianti sul fondo mare e già riconosciute mediante i rilievi Multibeam e Side Scan Sonar effettuati in precedenza.

### 6.3. Restituzione dei dati

Alla fine dell’analisi e tenendo conto della risoluzione orizzontale e verticale quantificabili in circa 20cm è stato possibile mappare un (1) contatto. L’anomalia si presenta come un chiaro e netto aumento d’ampiezza in una porzione di riflettore a bassissima ampiezza (Figura 40 e Figura 41).



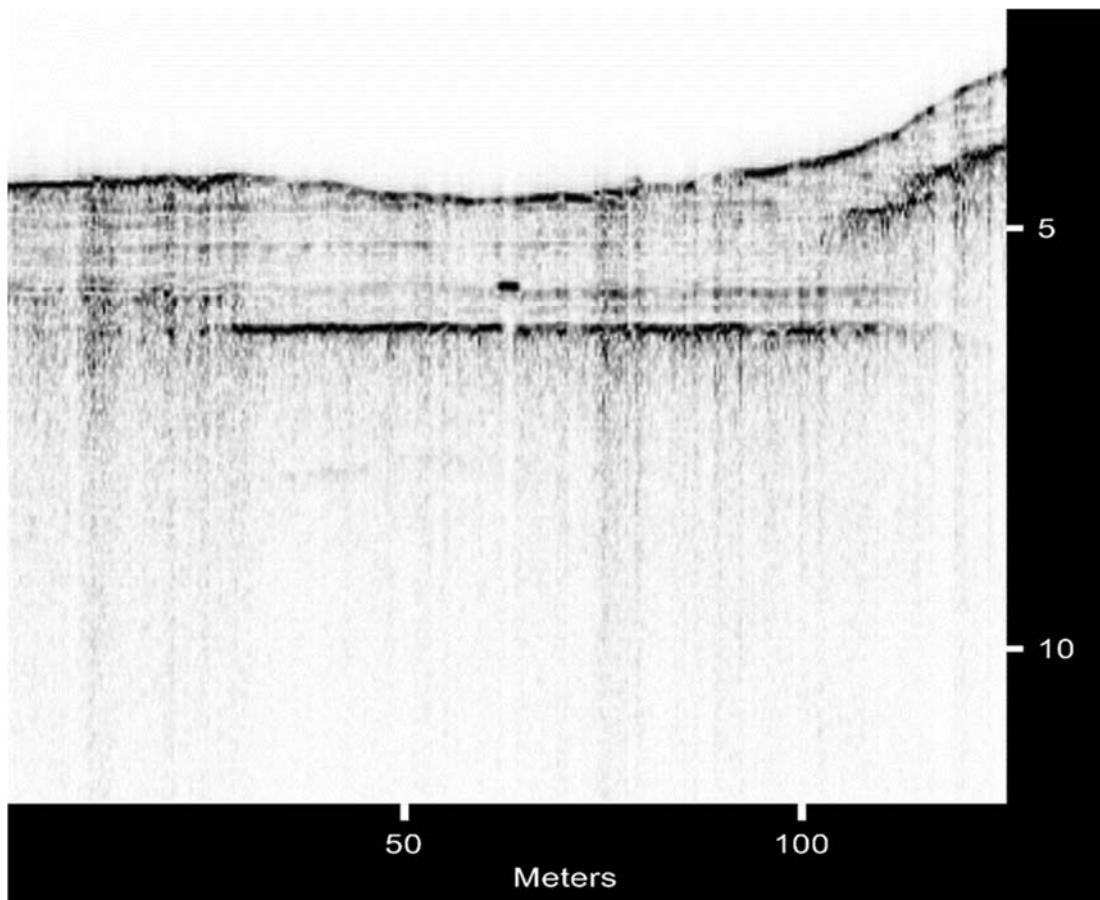


Figura 40: il target SBP01; Posizione 760578 E 4931750 N; Acoustic Source File: 20210421102616.sgy; dimensione 1.0m; profondità 1.2m (sotto il fondale); Descrizione Locale aumento di ampiezza di un riflettore a bassa ampiezza

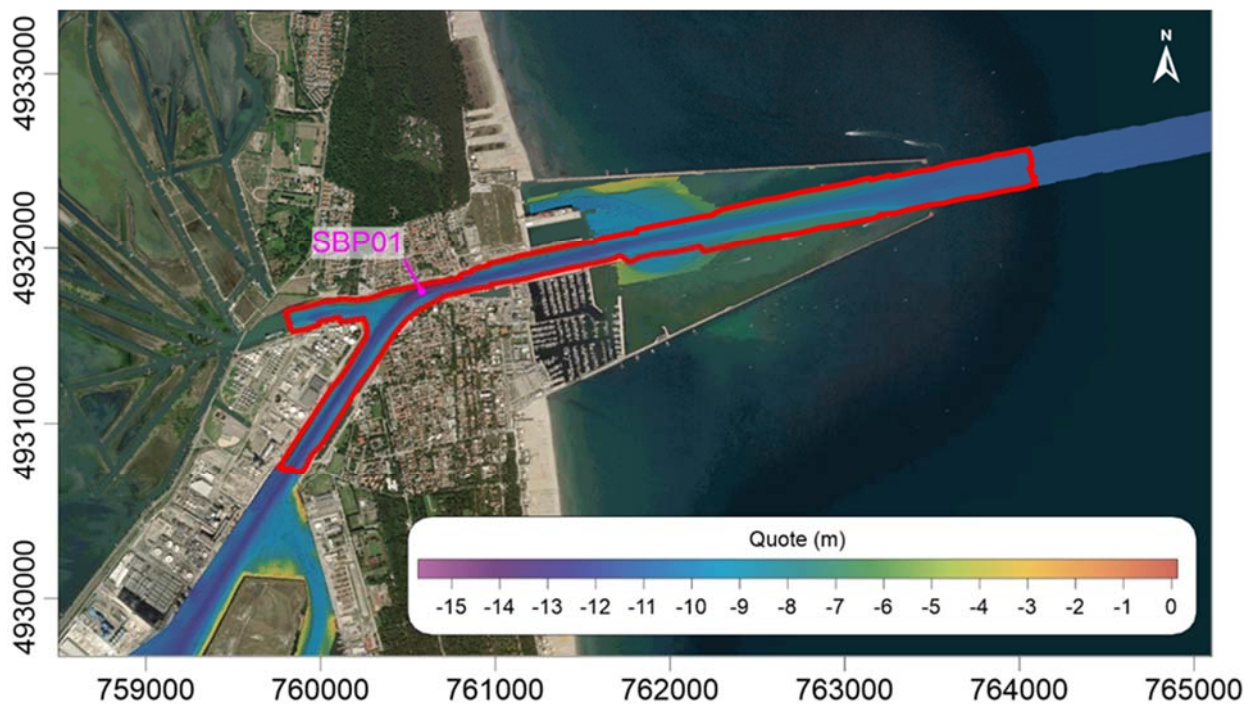


Figura 41: posizione del target da Sub Bottom Profiler, nei pressi della curva "Marina"

Nella porzione più orientale dell'area indagata è stato possibile individuare la presenza di sedimenti saturi in gas e/o fluidi. Localmente sono evidenti anche delle risalite degli stessi nella colonna d'acqua. Lo strato saturo

in gas/fluidi si riconosce dall'aumento di ampiezza del segnale al contatto fra i due mezzi e dall'assenza di segnale al di sotto di esso. Improvvise perdite di penetrazione del segnale lungo la sezione sismica con mascheramento degli orizzonti. Le venute di gas/fluidi si riconoscono nella colonna d'acqua da un locale "intorbidimento" (Figura 42 e Figura 43).

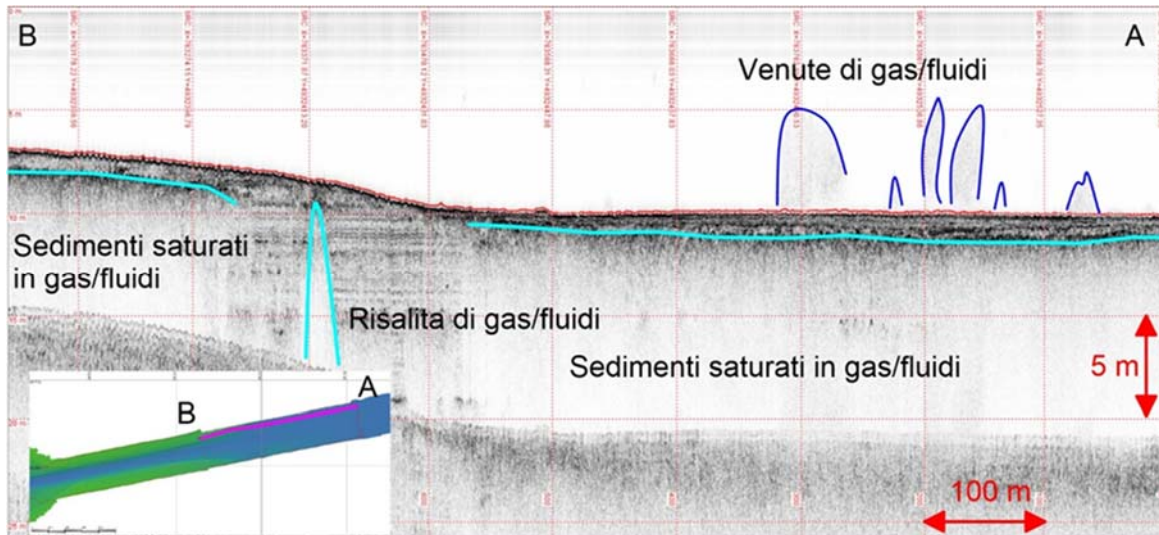


Figura 42: Linea SBP 20210421081623, esempio di gas/fluidi nei sedimenti

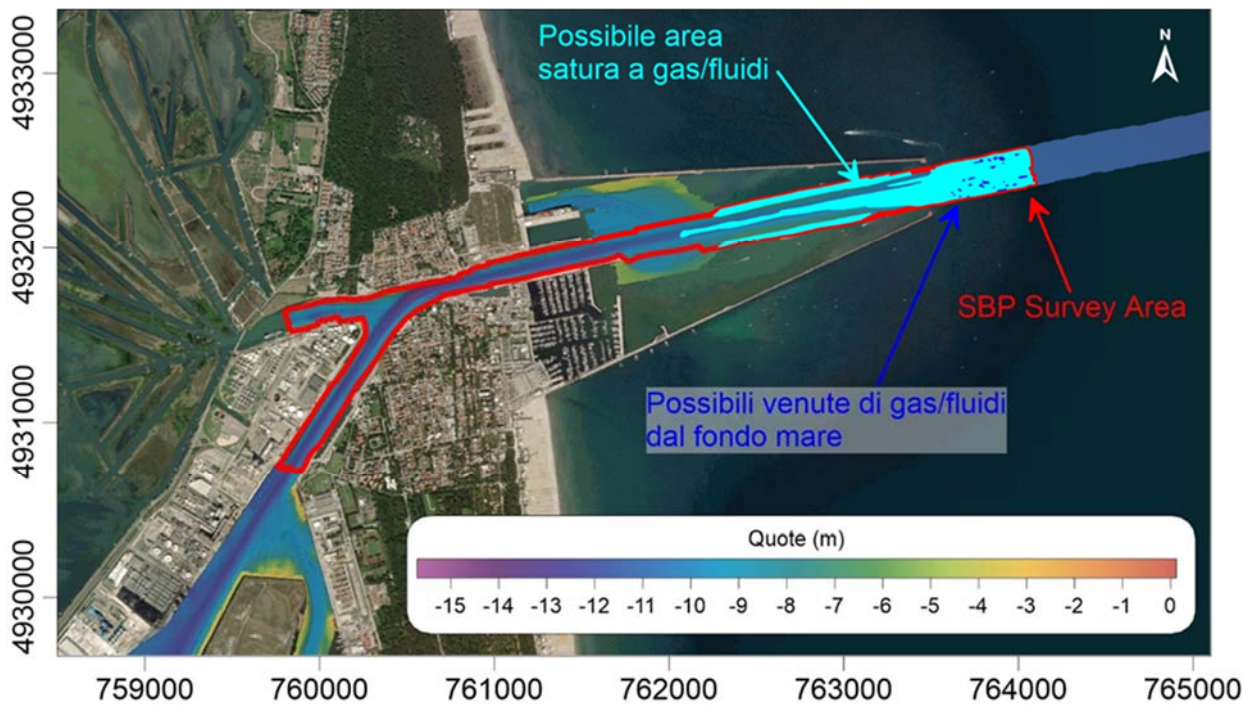


Figura 43: Distribuzione del gas/fluidi nei sedimenti e localizzazione di alcune venute dal fondo mare

Non è possibile escludere la presenza di gas/fluidi anche in altri settori, dell'area indagata.

## 7. Conclusioni

Con la firma del contratto il 16 novembre 2020, la scrivente Anfibia, si è assunta l'impegno di effettuare una serie di attività propedeutiche alla Progettazione Esecutiva dell'HUB Portuale di Ravenna – 1 Fase. L'impegno, oltre a definire le zone d'indagine, le quantità e le metodologie di esecuzione delle attività, poneva anche rigidi vincoli temporali, funzionali al buon esito della PE.

Anfibia, che tiene molto al Porto di Ravenna, propria sede, dove da anni opera ad alto livello cercando di portare applicazioni all'avanguardia, si è quindi dedicata con tutte le proprie energie per tenere fede al proprio impegno e contribuire al buon esito di questo importante sviluppo del territorio.

Attraverso un'accurata pianificazione, una buona gestione di un numeroso quanto preparato gruppo di lavoro, e stretti contatti con tutti i rappresentanti delle diverse realtà coinvolte, Anfibia ha portato avanti le attività previste con puntualità e a volte anche con un certo apprezzato anticipo sui tempi previsti.

Ai rilievi di campo sono tempestivamente seguite consegne preliminari dei dati, per agevolare la progettazione; successivamente, secondo il cronoprogramma concordato con la Committenza, sono state fatte le consegne formali con dati definitivi e tavole complete.

I riscontri sin qui avuti, tutti positivi, ci concedono la possibilità di affermare che tutto è stato portato avanti a regola d'arte ed in piena sintonia con gli accordi siglati.



## 8. Allegato A – Monografie dei vertici

Monografia del vertice SAPC0700 della RGC di ARPAE



### Rete Geodetica Costiera per il Monitoraggio Topografico e Batimetrico - Vertici GPS stazionabili -

VERTICE: **SAPC0700**

Aggiornamento al 02/2018

Comune:	<input type="text" value="Ravenna"/>	Provincia:	<input type="text" value="Ravenna"/>
Indirizzo:	<input type="text"/>	Località:	<input type="text" value="Marina di Ravenna"/>
Ubicazione:	<input type="text" value="Molo sud"/>		

Istituito da:	<input type="text" value="Arpa"/>	Anno:	<input type="text" value="2005"/>	Denominazione:	<input type="text" value="130301"/>
Rete di appartenenza:	<input type="text" value="Rete Regionale di controllo della subsidenza - Archivio Capisaldi di Livellazione"/>				

Altra rete di appartenenza:	<input type="text"/>
Denominazione:	<input type="text"/>



Coordinate geografiche		Coordinate piane	
ETRS89-ETRF 2000 (2008.0)		ETRS89-ETRF 2000-UTM 32N (2008.0)	
EPSG: 6706		EPSG: 7791	
Lat (*):	<input type="text" value="44,48583553"/>	Long (*):	<input type="text" value="12,28415144"/>
Est (m):	<input type="text" value="761148,6"/>	Nord (m):	<input type="text" value="4931083,33"/>

Quota ellissoidica	h (m):	<input type="text" value="41,37"/>	Data di acquisizione:	<input type="text" value="03/05/2017"/>
Quota ortometrica	H (m):	<input type="text" value="2,09"/>	Data di riferimento:	<input type="text" value="05/2011"/>



**HUB 01**

UBICAZIONE:	Marina di Ravenna		
TIPOLOGIA:	Segno sul metallo	ULTIMA LETTURA:	03/11/2020

Sulla torre del Marinara; segno in corrispondenza di un montante della ringhiera interna

**COORDINATE GEOGRAFICHE ETRF2000**

LATITUDINE	44°29'17.3555"
LONGITUDINE	12°17'07.9035"
QUOTA ELLISSOIDICA	65.00 m

**COORDINATE CARTOGRAFICHE ETRF2000**

UTM NORD (FUSO 32)	4931345.30
UTM EST (FUSO 32)	761247.76
QUOTA ORTOMETRICA	25.71 m s.l.m.

**COORDINATE CARTOGRAFICHE ETRF89**

UTM NORD (FUSO 32)	4931345.23
UTM EST (FUSO 32)	761247.79
QUOTA ORTOMETRICA	25.71 m s.l.m.



anfibia s.r.l. pi\cf\ccia ferrara 01796130381 | c.d. KRRH6B9 | rea ferrara 198460 c.s. € 16.000 i.v.  
sede legale: via masello 6 - 44123 ferrara, italia | www.anfibia.eu | info@anfibia.eu | anfibia@pec.it

**HUB 02**

UBICAZIONE:	Marina di Ravenna		
TIPOLOGIA:	Segno sul metallo	ULTIMA LETTURA:	04/11/2020

Sulla torre del Marinara; segno in corrispondenza di un montante della ringhiera interna

**COORDINATE GEOGRAFICHE ETRF2000**

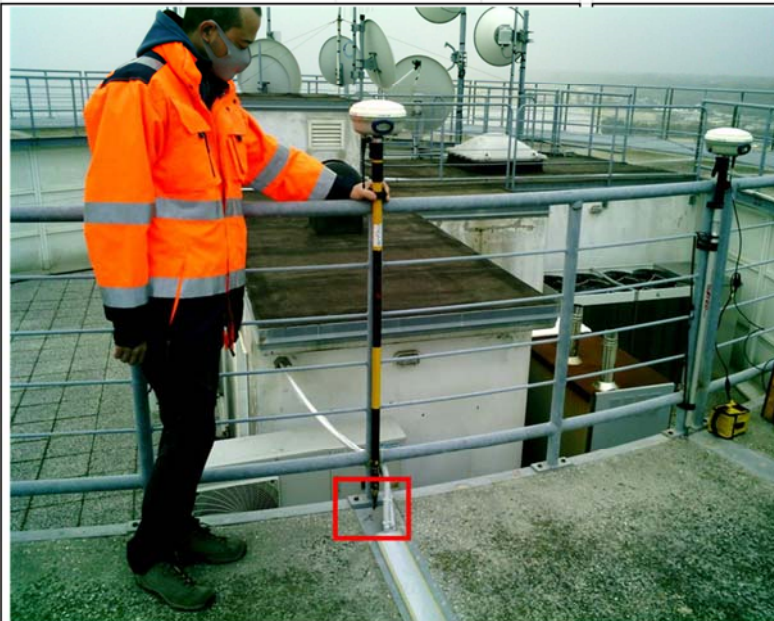
LATITUDINE	44°29'17.3814"
LONGITUDINE	12°17'07.9632"
QUOTA ELLISSOIDICA	65.00 m

**COORDINATE CARTOGRAFICHE ETRF2000**

UTM NORD (FUSO 32)	4931346.15
UTM EST (FUSO 32)	761249.05
QUOTA ORTOMETRICA	25.71 m s.l.m.

**COORDINATE CARTOGRAFICHE ETRF89**

UTM NORD (FUSO 32)	4931346.08
UTM EST (FUSO 32)	761249.08
QUOTA ORTOMETRICA	25.71 m s.l.m.



anfibia s.r.l. pi\cf\cciaa ferrara 01796130381 | c.d. KRRH6B9 | rea ferrara 198460 c.s. € 16.000 i.v.  
sede legale: via masello 6 - 44123 ferrara, italia | www.anfibia.eu | info@anfibia.eu | anfibia@pec.it

## 9. Allegato B – Calibrazione MBES

Report della procedura di calibrazione del sistema multi beam

### Patch Test

#### Patch Test Information

<b>Project:</b>	D:/02_Anfibia/an20196 HUB candiano (GRANDI LAVORI)/QPS Projects/Online/HUB_CANDIANO_SEABED
<b>Software:</b>	Qimera v2.2.5
<b>Time of Report:</b>	2020-12-03 16:07:42
<b>Username:</b>	Alessandro
<b>Vessel Name:</b>	ANFIBIA_B1
<b>Lines In Patch Test:</b>	01: 201203_110808_cal - 0001 (239°, 3.9 kts) 02: 201203_110946_cal - 0001 (056°, 4.1 kts) 03: 201203_111127_P-1 (10.00) - 0001 (237°, 3.7 kts) 04: 201203_111301_S-1 (10.00) - 0001 (056°, 3.9 kts)

#### Summary of Calibration Results

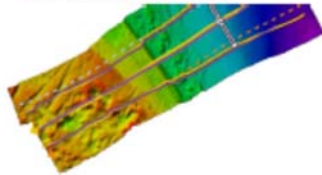
System	Parameter	Original	Offset	New
Norbit_MBES	Rx Roll	0.256	-0.258	-0.002
Norbit_MBES	Tx Pitch	0.011	0.110	0.121
Norbit_MBES	Tx Heading	0.248	-0.313	-0.065



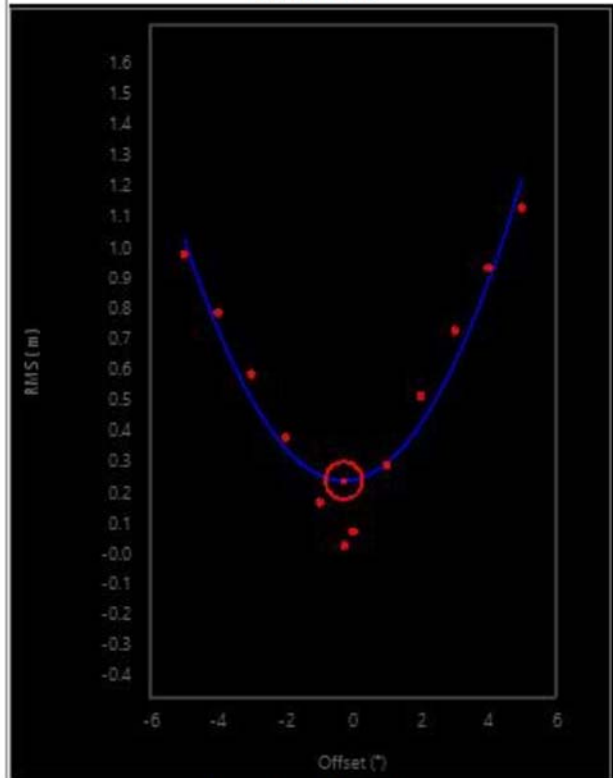
**Calibration Step 1**

<b>Lines Used:</b>	01: 201203_110808_cal - 0001 (239°, 3.9 kts) 02: 201203_110946_cal - 0001 (056°, 4.1 kts)
<b>Calibration Type:</b>	Multibeam Roll
<b>Patch Location:</b>	44°26'28.31"N, 12°14'33.45"E
<b>Patch Heading:</b>	239.0°
<b>Patch Width:</b>	22.49 meters
<b>Patch Height:</b>	1.12 meters
<b>Active Motion System:</b>	POS MV IMU
<b>Active Gyro System:</b>	POS MV GYRO
<b>Active Position System:</b>	POS MV GPS
<b>Calibration System:</b>	Norbit_MBES
<b>Head Offset Value:</b>	-0.258°
<b>Calibration System:</b>	Lidar
<b>Head Offset Value:</b>	0.000°

**Calibration Area**

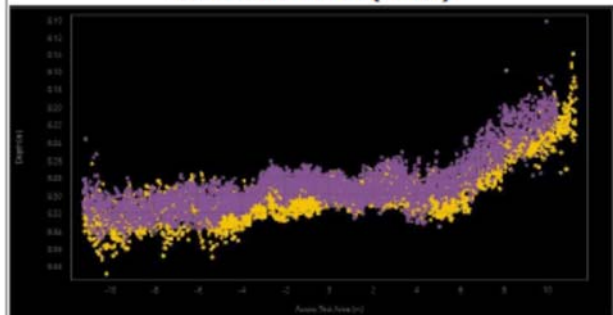


**RMS Plot**

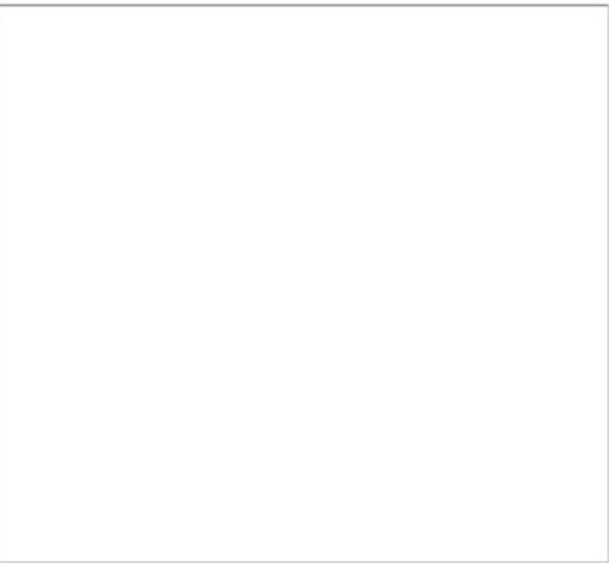
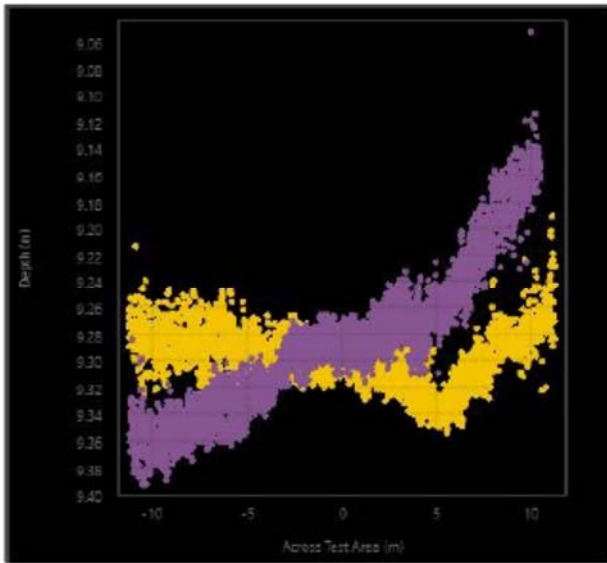


**Calibration Plot (Before)**

**Calibration Plot (After)**

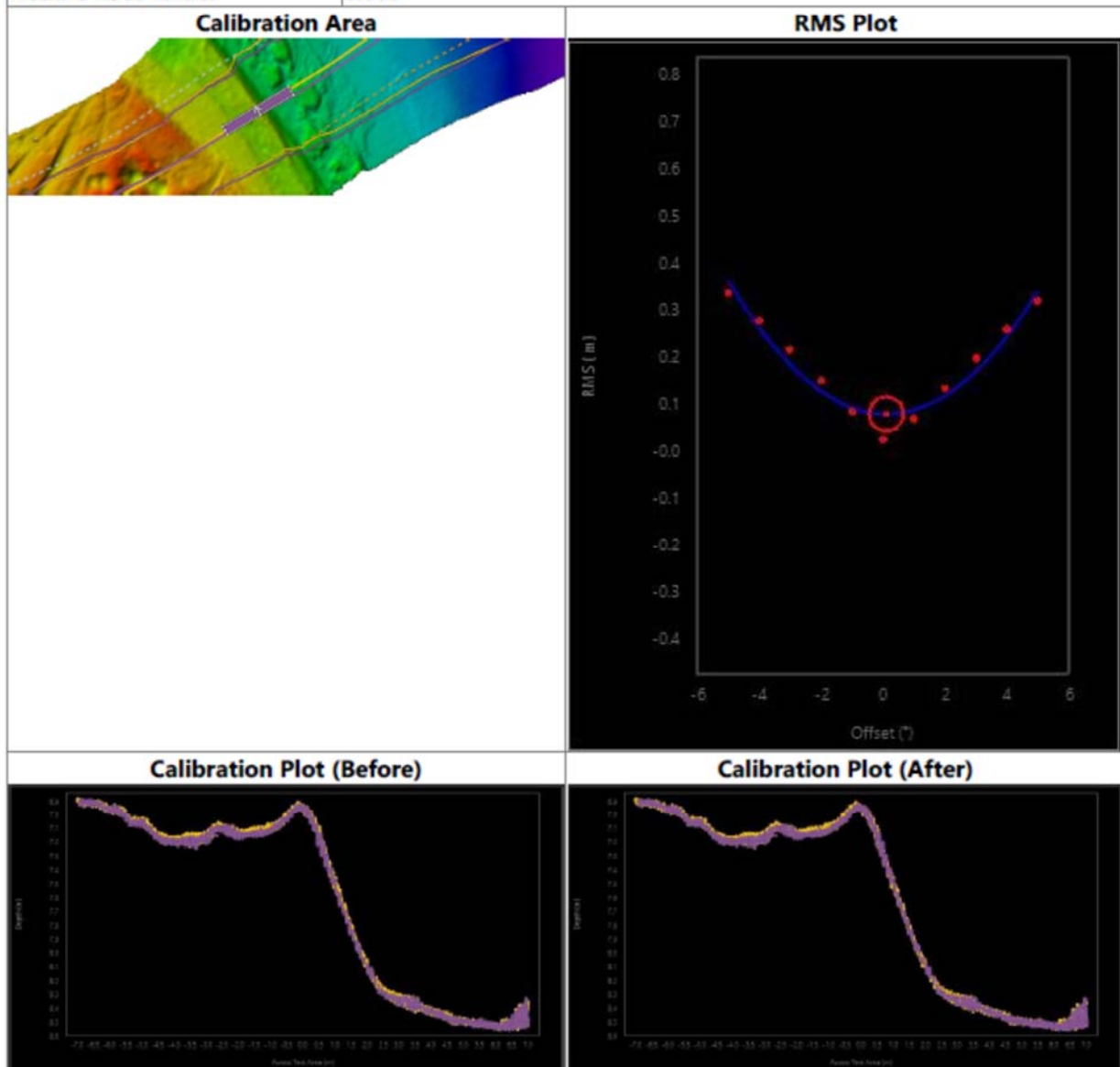






**Calibration Step 2**

<b>Lines Used:</b>	01: 201203_110808_cal - 0001 (239°, 3.9 kts) 02: 201203_110946_cal - 0001 (056°, 4.1 kts)
<b>Calibration Type:</b>	Multibeam Pitch
<b>Patch Location:</b>	44°26'27.80"N, 12°14'32.23"E
<b>Patch Heading:</b>	329.0°
<b>Patch Width:</b>	14.00 meters
<b>Patch Height:</b>	1.69 meters
<b>Active Motion System:</b>	POS MV IMU
<b>Active Gyro System:</b>	POS MV GYRO
<b>Active Position System:</b>	POS MV GPS
<b>Calibration System:</b>	Norbit_MBES
<b>Head Offset Value:</b>	0.110°
<b>Calibration System:</b>	Lidar
<b>Head Offset Value:</b>	0.000°



**Calibration Step 3**

<b>Lines Used:</b>	01: 201203_110808_cal - 0001 (239°, 3.9 kts) 04: 201203_111301_S-1 (10.00) - 0001 (056°, 3.9 kts)
<b>Calibration Type:</b>	Multibeam Heading
<b>Patch Location:</b>	44°26'27.95"N, 12°14'32.09"E
<b>Patch Heading:</b>	329.0°
<b>Patch Width:</b>	14.00 meters
<b>Patch Height:</b>	1.69 meters
<b>Active Motion System:</b>	POS MV IMU
<b>Active Gyro System:</b>	POS MV GYRO
<b>Active Position System:</b>	POS MV GPS
<b>Calibration System:</b>	Norbit_MBES
<b>Head Offset Value:</b>	-0.313°
<b>Calibration System:</b>	Lidar
<b>Head Offset Value:</b>	0.000°

