



# Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale



## NUOVO PORTO COMMERCIALE DI FIUMICINO

### PROGETTO ESECUTIVO I LOTTO FUNZIONALE I STRALCIO "Darsena Pescherecci e viabilità di accesso al cantiere"

Committente:

Il presidente  
AVV. Francesco Maria Di Majo

Il responsabile del procedimento  
Dott. Ing. Maurizio Marini

Il coordinatore generale  
Dott. Ing. Giuseppe Solinas

Progettazione:

**ACQUA  
TECNO**

Ing. Renato Marconi  
Ing. Paolo Turbolente  
Ing. Barbara Doronzo

Consulenza specialistica  
geotecnica:

Ing. Giulio Galimberti

Titolo elaborato

Elaborato

A.2202.12 | PE | R

## RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE - RILIEVI SISMICI

# SIS

Scala

Data  
Novembre 2020

Preparato

Controllato

Approvato

Revisione	Data
01	Giugno 2021
02	Febbraio 2022





**Arena Sub** s.r.l.  
Diving and Marine contractor



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Tirreno Centro Settentrionale

PORTI DI ROMA E DEL LAZIO · CIVITAVECCHIA · FIUMICINO · GAETA

# NUOVO PORTO COMMERCIALE DI FIUMICINO

## Indagini Sismo-Stratigrafiche preliminari alla realizzazione del I Stralcio del I Lotto Funzionale

### RELAZIONE TECNICA



R.O.V. & MARINE CONTRACTOR  
COMMERCIAL DIVING  
GEOTECHNICAL



OCEANOGRAPHIC SURVEY  
GEOPHYSICAL SURVEY  
VESSELS

*Pagina vuota*



# NUOVO PORTO COMMERCIALE DI FIUMICINO

## Indagini Sismo-Stratigrafiche preliminari alla realizzazione del I Stralcio del I Lotto Funzionale

### RELAZIONE TECNICA

#### Elenco revisioni

Data	Ver.	Descrizione	Redatto	Approvato
06.10.2020	1	Prima emissione	MORFEA F. A.	ARENA G.
<b>Emissione</b>				

# Indice

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>6</b>
1.1	SCOPO DEL REPORT.....	6
1.2	AREA D'INDAGINE.....	7
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STUDI PRECEDENTI.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALI E METODI.....</b>	<b>9</b>
3.1	ATTREZZATURE E MEZZO NAUTICO.....	9
3.2	DATUM GEODETICO E CARTOGRAFICO.....	10
3.3	PIANO DI INDAGINI.....	11
3.4	SORGENTE SISMICA ED ACQUISIZIONE DEI DATI AD ALTA RISOLUZIONE.....	12
3.5	CONTROLLO DI QUALITÀ DELLE COORDINATE DEI PUNTI MEDIANI SORGENTE-RICEVITORE.....	14
3.6	CONTROLLO DI QUALITÀ DEI DATI SISMICI E LORO ELABORAZIONE.....	15
3.7	INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI AD ALTA RISOLUZIONE.....	18
<b>4.</b>	<b>RISULTATI.....</b>	<b>20</b>
4.1	ARCHITETTURA DEI DEPOSITI.....	20
4.2	PRESENZA DI GAS.....	21
<b>5.</b>	<b>DISCUSSIONI E CONCLUSIONI.....</b>	<b>22</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>23</b>
<b>7.</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>23</b>

# 1. Introduzione

L'Autorità Di Sistema Portuale del Tirreno Centro Settentrionale ha affidato alla scrivente società ARENA SUB S.r.l., l'esecuzione di un rilievo sismico con tecnologia Sparker da effettuarsi nello specchio acqueo antistante il litorale adiacente il porto canale di Fiumicino, area destinata alla costruzione del Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino (C.U.P. J11H14000280005 - C.I.G. ZE62D5F718).

L'Arena Sub, sulla base della documentazione e della planimetrica ricevuta (Tavola CG.01.CA1), ha eseguito un rilievo sismo-stratigrafico ad alta risoluzione con sorgente Sparker allo scopo di ricostruire la stratigrafia del sottofondo marino nell'intervallo compreso tra 0 e -60m ed individuare possibili risalite di gas.

I dati sismici sono stati acquisiti nel periodo compreso tra il 31 agosto ed il 3 settembre 2020, giusta Ordinanza/Autorizzazione n. 65 del 19/8/2020 emanata dalla Capitaneria di Porto di Roma Fiumicino.

## 1.1 Scopo del report

Scopo del report è documentare:

- a) la strumentazione utilizzata per acquisire i dati sismici a riflessione ad alta risoluzione;
- b) illustrare la procedura del Controllo di Qualità e dell'elaborazione dei dati sismici;
- c) fornire indicazioni sulle tecniche di interpretazione dei profili sismici;
- d) mostrare i risultati ottenuti dall'interpretazione dei profili sismici.

## 1.2 Area d'indagine

L'area da indagare riguarda lo specchio acqueo subito a nord del Porto Canale di Fiumicino. Nella Figura 1 è mostrata l'area (poligono rosso) oggetto di indagine con in sottofondo il disegno dell'opera in progetto.

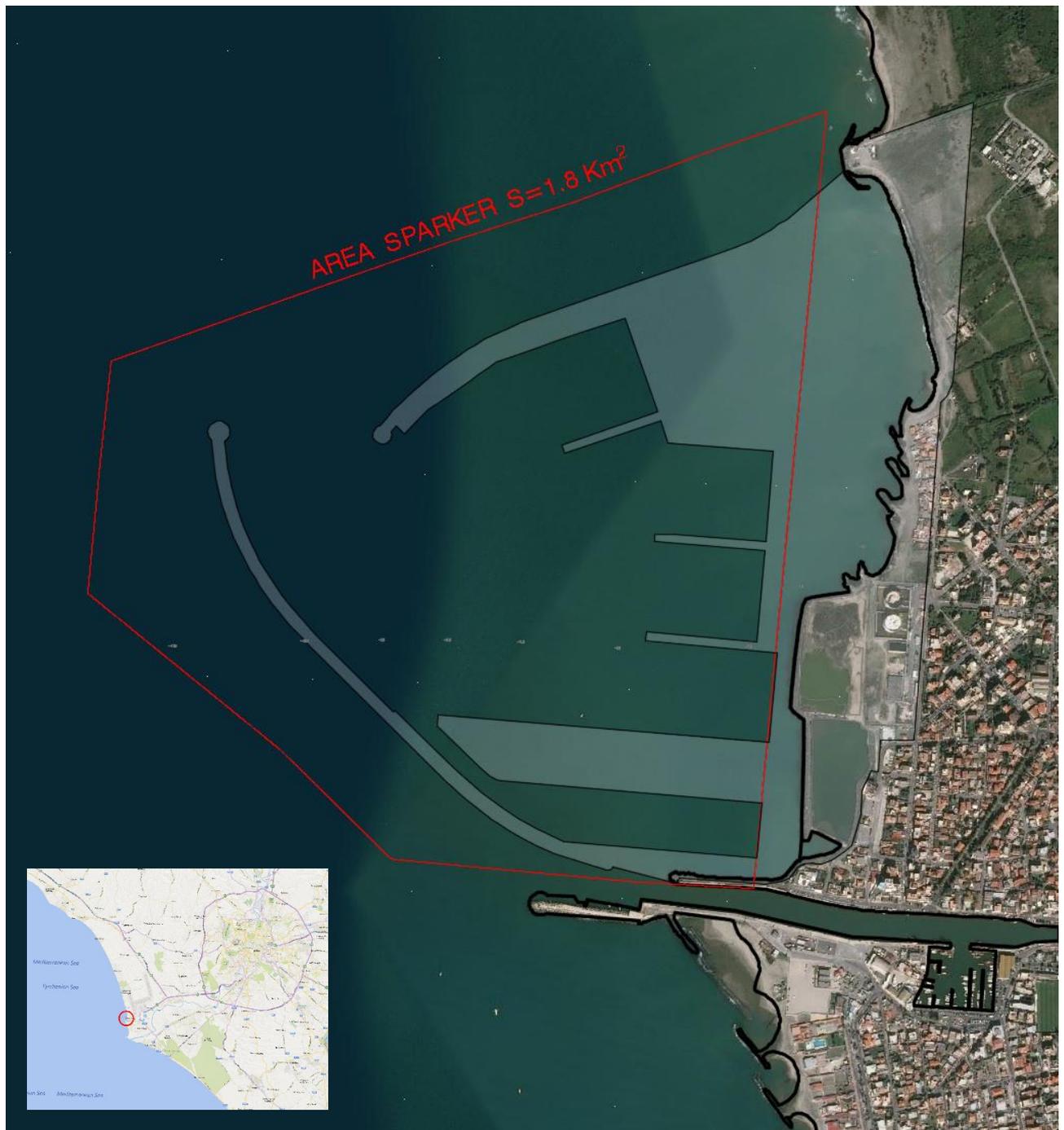


Figura 1. Area di indagine e inquadramento geografico

## 2. Inquadramento territoriale e studi precedenti

L'area in studio è un settore della piana deltizia sommersa del ramo settentrionale del fiume Tevere. Nel settore emerso limitrofo affiorano i depositi dei cordoni litorali relativi all'ultima fase di avanzamento del delta (successiva al XVI secolo, Giraudi, 2004). Durante questa fase il delta avanzò molto velocemente dando luogo ad una morfologia fortemente cuspidata nella zona dell'alveo principale, cuspidi poco presenti in quello secondario del Canale di Fiumicino, se non nei cordoni litorali più recenti.

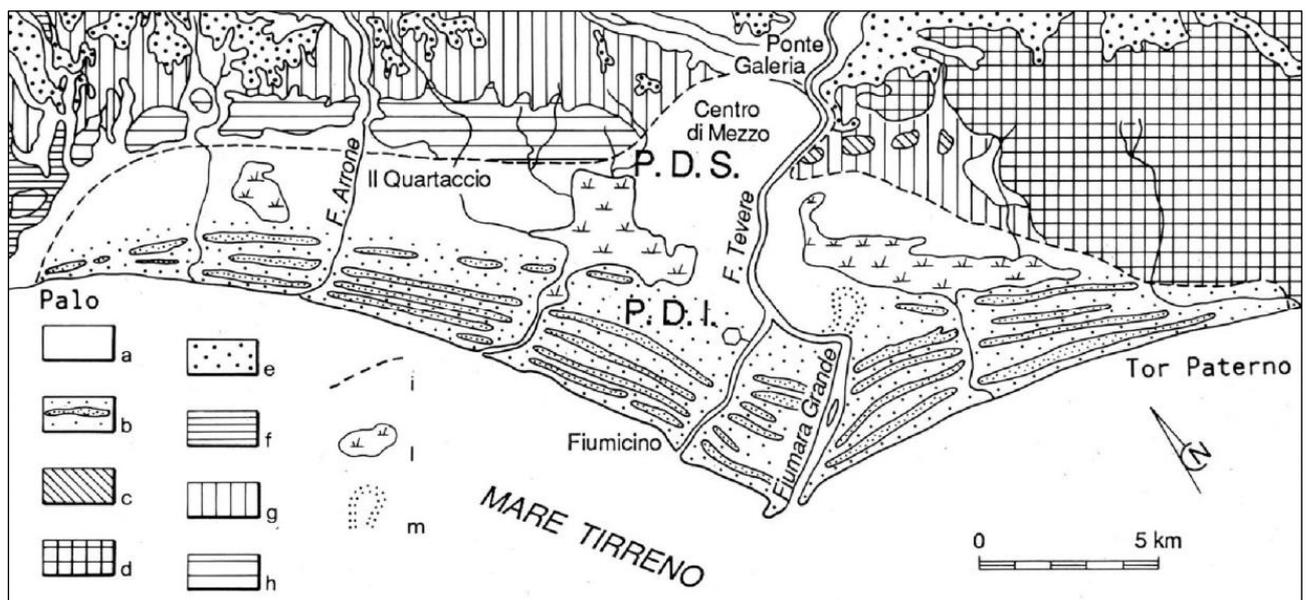


Figura 2. Distribuzione areale dei principali elementi morfologici della piana deltizia del Fiume Tevere edelle formazioni che affiorano sulle retrostanti colline pleistoceniche (Bellotti et alii, 1989). Legenda: a – alluvioni recenti; b – sedimenti dunari e interdunari recenti; c – alluvioni antiche; d – sabbie rossastre (dune antiche); e – piroclastiti pleistoceniche; f – travertini; g – argille, argille sabbiose, sabbie; lenti di ciottolame con abbondante malacofauna; h – ghiaie e ghiaie sabbiose poligeniche; i – limite interno del delta; l – antichi stagni bonificati; m – canali fluviali fossili.

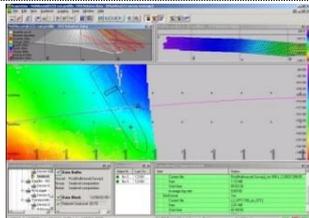
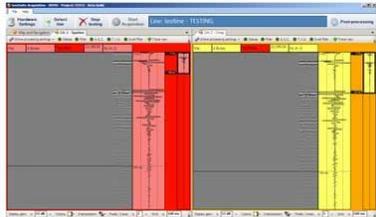
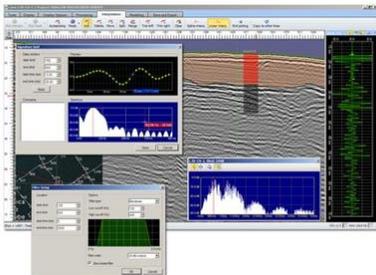
Molti pozzi perforati a poche decine di metri nell'area di Fiumicino producono emissioni di gas. In particolare, nell'estate 2013 si è verificato una emissione di gas tossici e inquinanti (19 tonnellate al giorno di CO<sub>2</sub>, 95 kg giorno di CH<sub>4</sub>) da due pozzi poco profondi perforati nella città di Fiumicino (Carapezza et al., 2015). Nello stesso periodo si è verificata un'altra emissione di gas da un pozzo ubicato a pochi km a NNW dell'area in studio. L'evento è durato un paio di giorni.

## 3. Materiali e Metodi

### 3.1 Attrezzature e mezzo nautico

I rilievi sono stati eseguiti con la strumentazione di seguito elencata. Si rimanda ai paragrafi che seguono e alle schede tecniche allegate per le specifiche tecniche dei singoli strumenti.

Tabella 1. Elenco attrezzature

Strumentazione		
Sistema di Navigazione Inerziale [INS]	SBG System <b>ELLIPSE</b> (dual antenna RTK – INS)	
Sparker [SPK]	GEO Marine Survey Systems - <b>GEO-SPARK 200-400</b>	
Software di Navigazione	TELEDYNE <b>PDS 2000</b>	
Sistema acquisizione dati sismici	GEO Marine Survey Systems – <b>MINITRACE / GEOSUITE ACQUISITION</b>	
Software elaborazione dati sismici	GEO Marine Survey Systems – <b>GEOSUITE ALL WORKS</b>	

L'imbarcazione utilizzata è la motobarca "ORCA" di lunghezza pari a 14m doppia motorizzazione entro bordo iscritto al registro delle navi minori e galleggianti della Capitaneria di Porto di Roma Fiumicino.



Figura 3. La Motobarca "Orca"

### 3.2 Datum geodetico e cartografico

Il rilievo è stato inquadrato nel sistema di riferimento geodetico nazionale ETRF2000 (ex *D.M. 10 Nov 2011*). Tale sistema nel territorio Italiano è basato su una rete di stazioni permanenti (denominata RDN - Rete Dinamica Nazionale) facente parte del riferimento geodetico europeo ETRS89 e che ne rappresenta la materializzazione (misura delle coordinate) all'anno 2008 ma riferita al 2000 da cui ETRF2000(2008). Hai fini cartografici e della scala del rilievo l'indicazione ETRS89 e ETRF2000 sono equivalenti.

Le coordinate geografiche sono state convertite in coordinate piane con proiezione nel sistema UTM (*Universal Transverse Mercator*) fuso 33, i cui parametri sono riassunti nella tabella che segue.

Tabella 2. Parametri geodetici e cartografici.

Parametri Geodetici	
Datum	ETRF2000
Ellissoide:	WGS84
	Semiassse maggiore: a = 6 378 137 m
	Semiassse minore: c = 6 356 752,3142 m
	Schiacciamento: f = 1/298,257223563
Proiezione:	UTM fuso 33 (Universal Transverse of Mercator)
Origine Longitudine:	15°00'00"
Falso Est:	500 000
Falso Nord:	0
Fattore di scala	0.9996

### 3.3 Piano di indagini

Il piano di indagini richiesto in sede di affidamento è quello mostrato in Figura 4, con le rotte d'indagine che ricalcano essenzialmente le strutture portuali in progetto.

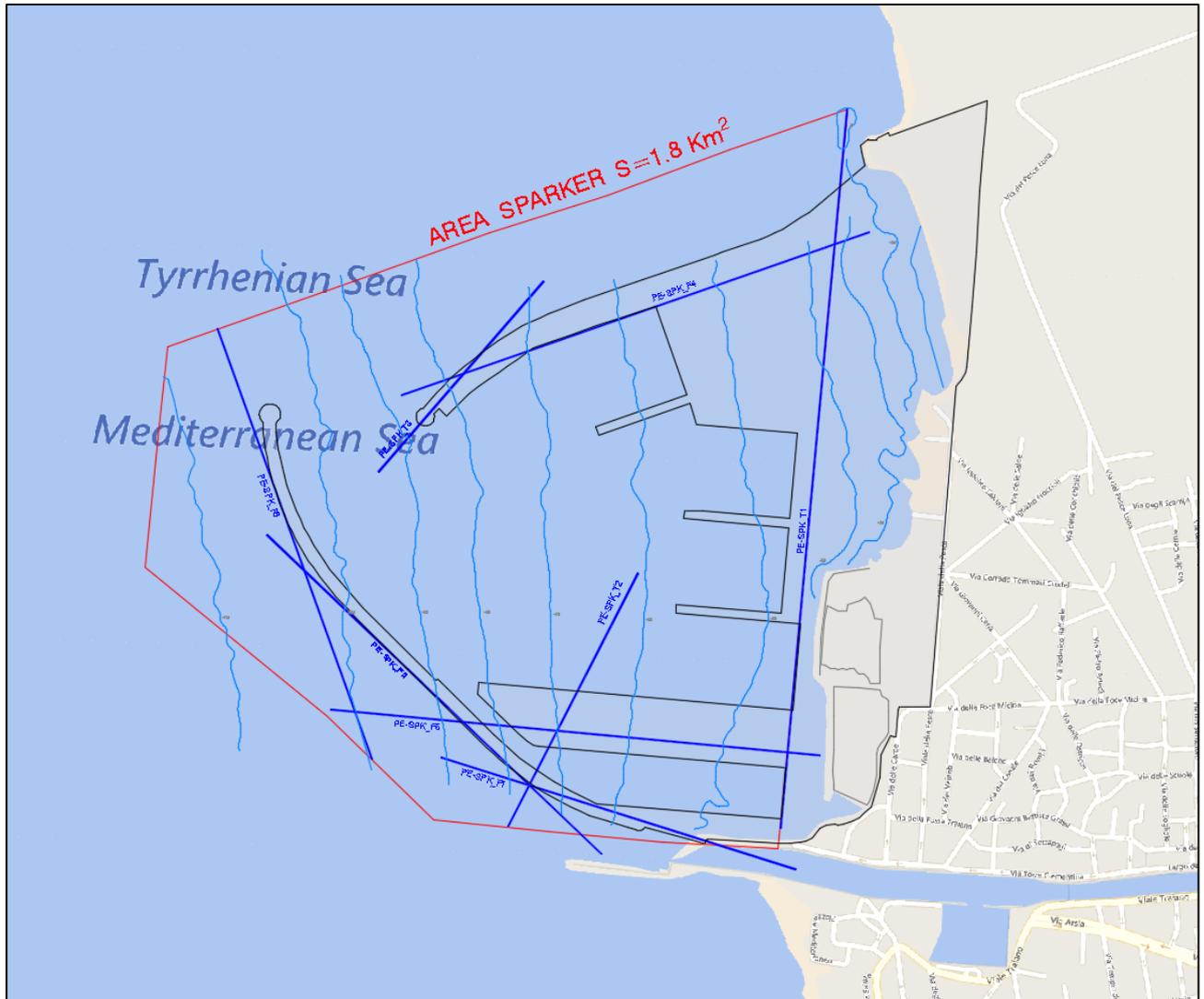


Figura 4. Area da investigare. In blu sono indicate le rotte d'indagine oggetto di affidamento.

Alla luce della finalità dell'indagine, ovvero di ricostruire l'assetto stratigrafico del delta settentrionale del Canale di Fiumicino, e della complessità dell'area in termini risposta acustica attesa si è deciso di ampliare il piano di rotte con l'obiettivo di garantire una maggiore copertura dell'area investigata e dei settori adiacenti limitrofi. Inoltre, l'estensione del grid di acquisizione dei dati sismici ha permesso di correlare le unità sismiche con i dati ottenuti dai sondaggi geognostici presenti nell'area. I dati sismici sono stati acquisiti prevalentemente lungo rotte parallele ed ortogonali alla linea di costa. La Figura 5 mostra l'area di indagine estesa, che ammonta a circa 3 km<sup>2</sup>, e le rotte aggiuntive (viola).

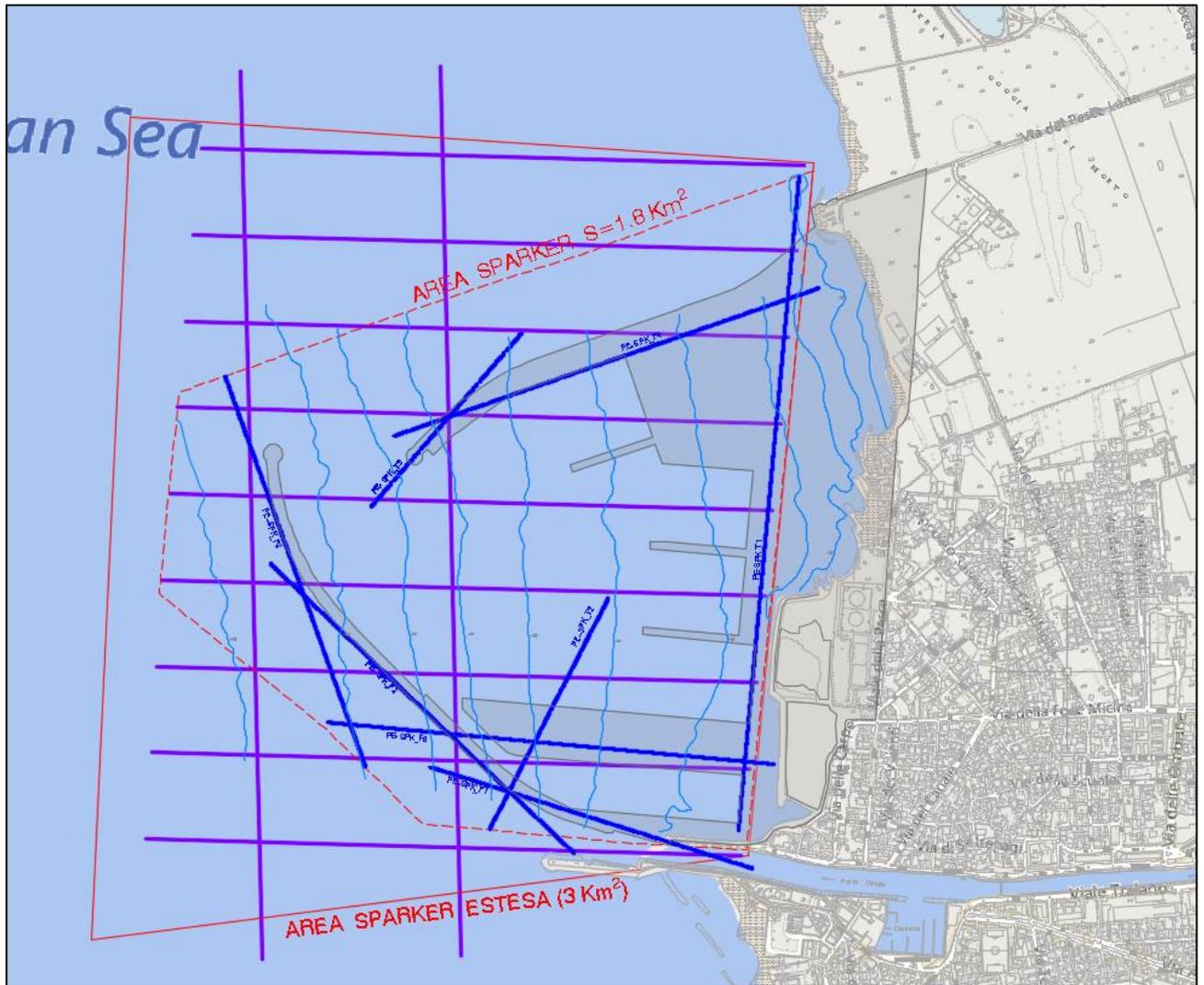


Figura 5. Area di indagine estesa. In blu le rotte originali, in viola quelle aggiuntive.

### 3.4 Sorgente sismica ed acquisizione dei dati ad alta risoluzione

Un sistema composto da 1) unità di potenza tipo Sparker a 400 Joule (Figura 6 A) ed 2) un array multi-tip (Figura 6 B) è stato utilizzato come sorgente acustica per la prospezione sismica. L'intervallo di sparo è stato fissato ad intervalli regolari di tempo pari a 0.5 s. I dati sismici sono stati registrati con il sistema di acquisizione di dati sismici a 24 bit "MiniTrace II" (Figura 6 C), per un intervallo di tempo di 300 ms, ad una frequenza di campionamento di 10 kHz (0.1 ms). Un sistema di posizionamento GPS differenziale ha permesso di acquisire, ad ogni scoppio, le coordinate dei punti mediani Sorgente-Ricevitore (Figura 7 e Figura 8). La localizzazione dei punti di scoppio è stata effettuata in coordinate metriche WGS84 UTM33N e coordinate geografiche WGS84. La velocità di acquisizione dei dati sismici è stata fissata in un intervallo compreso tra 3.5 e 4 nodi.

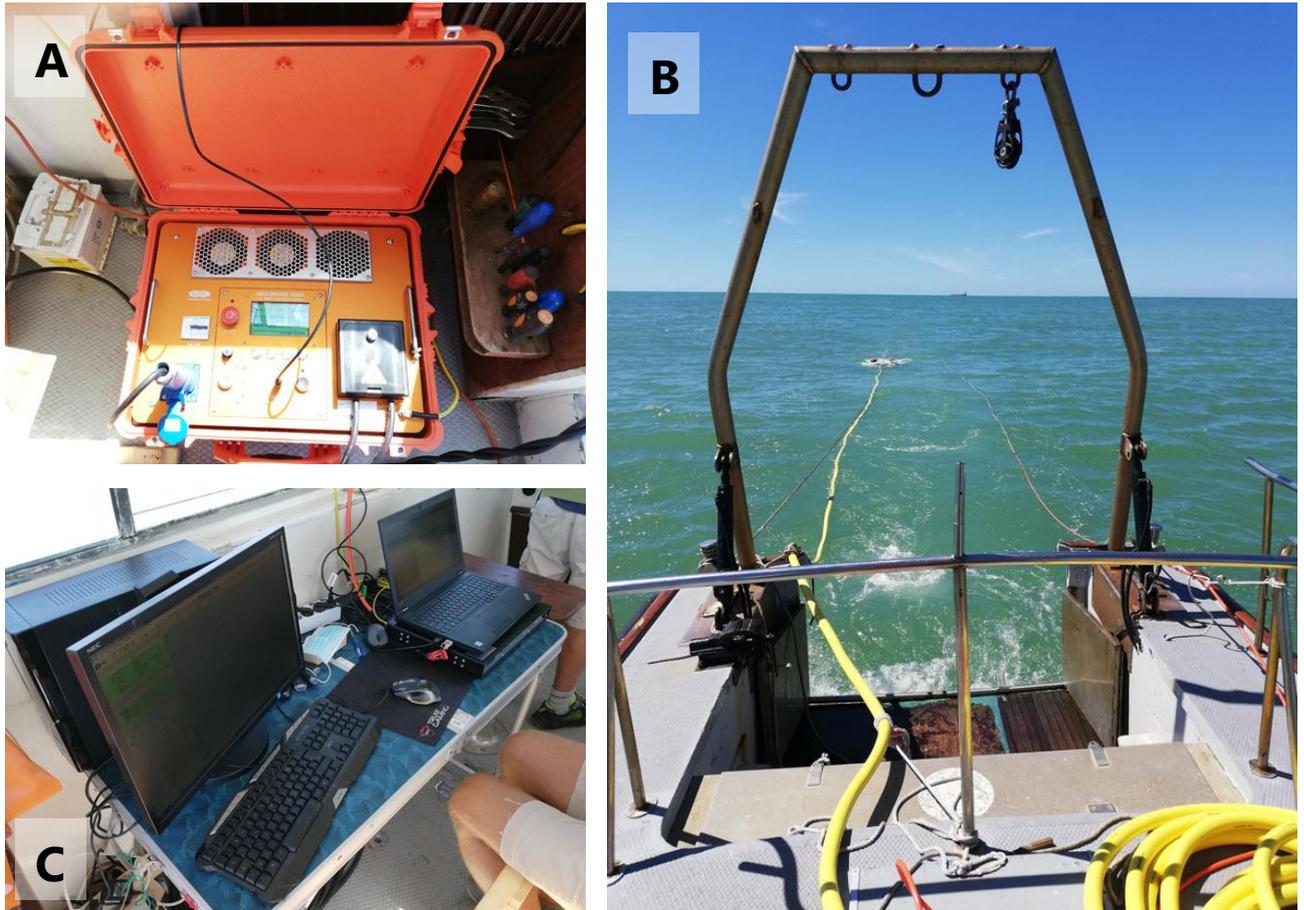


Figura 6. Componenti sistema Sprker. A - Sistema di energizzazione; B - Gabbia ed Idrofono; C - Sistema di acquisizione di dati sismici MiniTrace II (destra) e sistema di navigazione (sinistra)

I dati sono stati acquisiti con la sorgente ed il ricevitore posti ad una distanza di 15m circa dall'antenna GPS (Figura 6B e Figura 7).

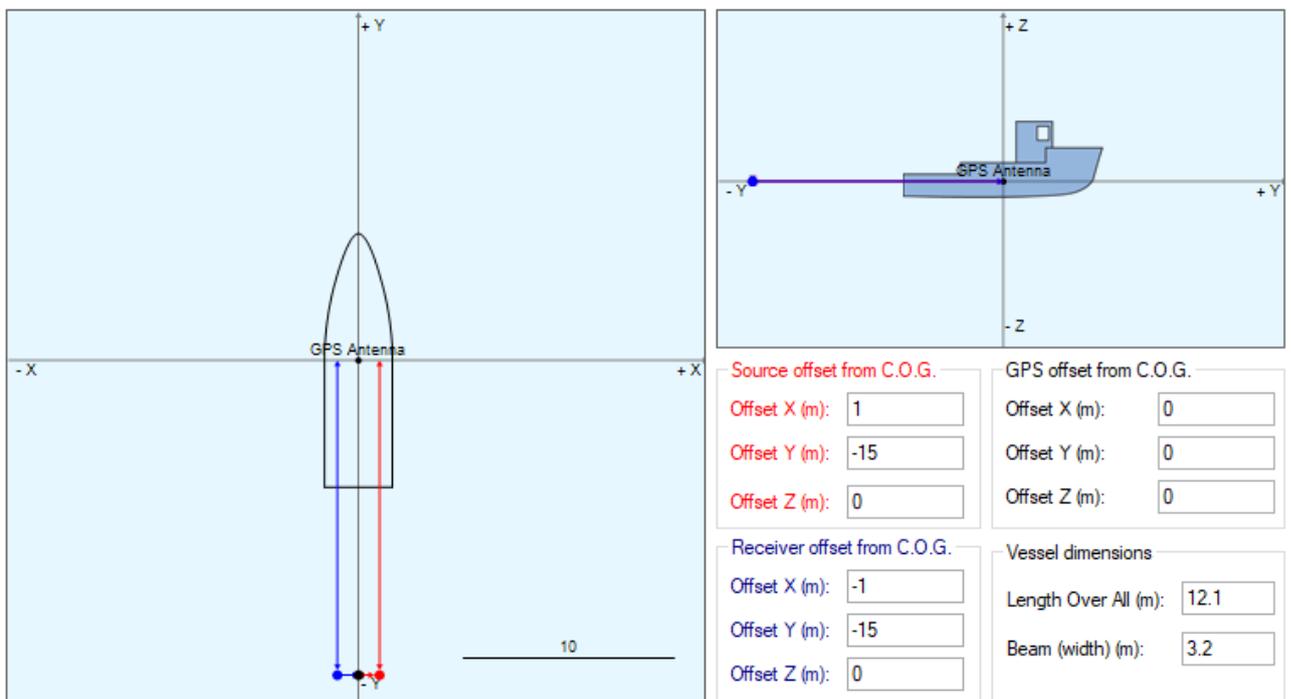


Figura 7. Diagramma degli offset

### 3.5 Controllo di Qualità delle coordinate dei punti mediani Sorgente-Ricevitore

La prima fase del controllo di qualità delle coordinate dei punti mediani Sorgente-Ricevitore è stata effettuata verificando che tutte le "Trace Header" dei files in formato SGY contenevano coordinate valide nei campi 71-72, 73-76, 77-80, 81-84, 85-88, 89-90. Questa procedura è stata eseguita utilizzando il software SEG-Y Editor (Figura 8).

Fields	71-72	73-76	77-80	81-84	85-88	89-90
<input type="checkbox"/> [25-28] - Trace number withi...	1 -100	26883034	462823129	26883034	462823129	1
<input type="checkbox"/> [29-30] - Trace identification...	2 -100	26882933	462823105	26882933	462823105	1
<input type="checkbox"/> [31-32] - Number of verticall...	3 -100	26882801	462823076	26882801	462823076	1
<input type="checkbox"/> [33-34] - Number of horizon...	4 -100	26882665	462823045	26882665	462823045	1
<input type="checkbox"/> [35-36] - Data use.	5 -100	26882490	462823004	26882490	462823004	1
<input type="checkbox"/> [37-40] - Distance from cent...	6 -100	26882381	462822978	26882381	462822978	1
<input type="checkbox"/> [41-44] - Receiver group ele...	7 -100	26882237	462822944	26882237	462822944	1
<input type="checkbox"/> [45-48] - Surface elevation a...	8 -100	26882063	462822903	26882063	462822903	1
<input type="checkbox"/> [49-52] - Source depth belo...	9 -100	26881965	462822880	26881965	462822880	1
<input type="checkbox"/> [53-56] - Datum elevation at...	10 -100	26881834	462822850	26881834	462822850	1
<input type="checkbox"/> [57-60] - Datum elevation at...	11 -100	26881664	462822809	26881664	462822809	1
<input type="checkbox"/> [61-64] - Water depth at sou...	12 -100	26881556	462822784	26881556	462822784	1
<input type="checkbox"/> [65-68] - Water depth at gro...	13 -100	26881415	462822750	26881415	462822750	1
<input type="checkbox"/> [69-70] - Scalar to be applie...	14 -100	26881280	462822718	26881280	462822718	1

Figura 8. Visualizzazione delle Trace Header tramite il software SEG-Y Editor

La mappa delle rotte di acquisizione dei dati sismici è mostrata in Figura 9 (a pagina 15). Questa include il piano di rotte base e le rotte aggiuntive scelte in fase di pianificazione ed esecuzione del rilievo. La mappa è stata generata attraverso il software GeoSuite AllWorks estraendo dai raw data le coordinate.

Al fine di effettuare un doppio controllo sui dati di posizionamento le rotte sono state esportate sia in formato CAD (dxf) che nel formato Google Earth (kmz). Entrambi i software e le procedure utilizzate non hanno evidenziato errori di posizionamento dei punti mediani Sorgente-Ricevitore.

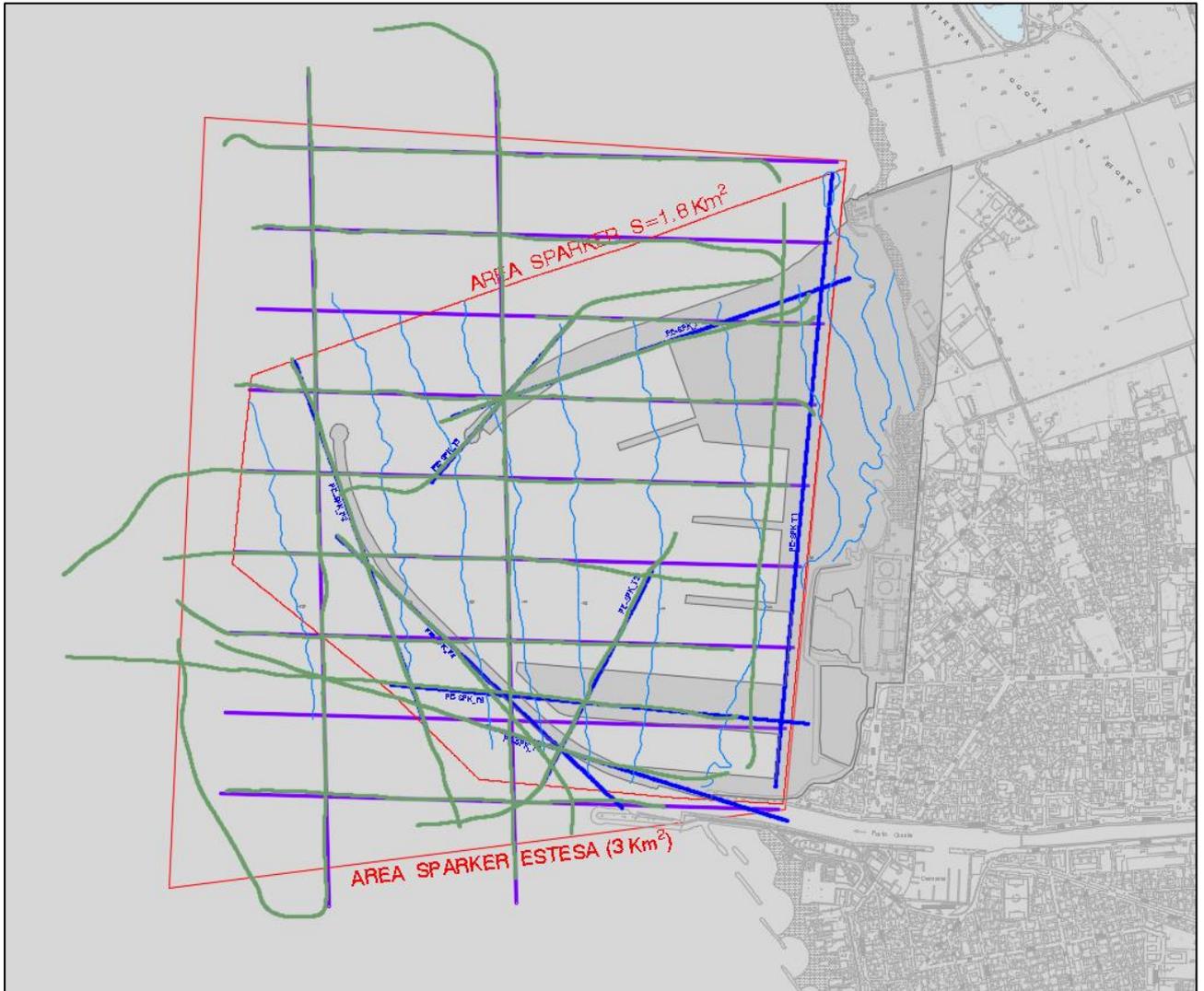


Figura 9. Rotte di acquisizione dati Sparker effettivamente navigate (in verde)

### 3.6 Controllo di Qualità dei dati sismici e loro elaborazione

La prima fase del Controllo di Qualità dei dati di campagna è consistito nel visualizzare alcune tracce sismiche applicando l'operatore matematico di Guadagno (Gain). Successivamente è stata effettuata l'analisi dello spettro del segnale (Figura 10).

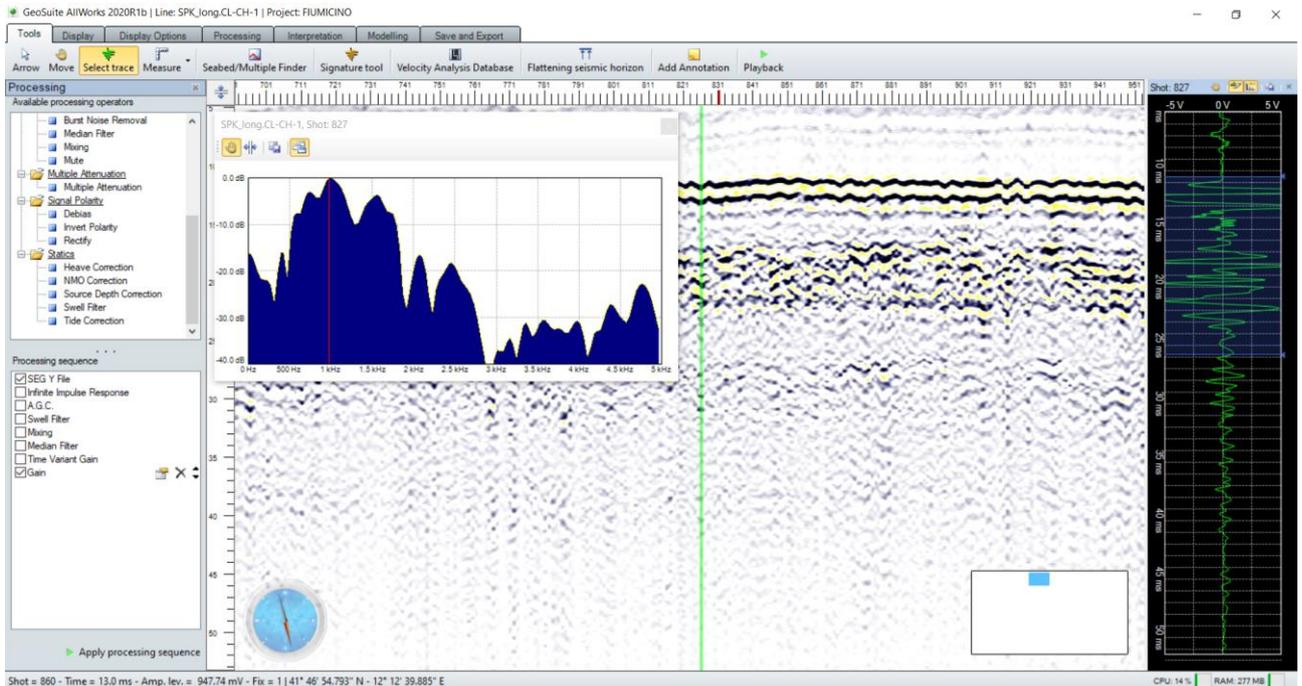


Figura 10. Profilo sismico ottenuto visualizzando i dati di campagna dopo l'applicazione dell'operatore Gain. Lo spettro del segnale e la traccia sono visualizzati rispettivamente in alto e a destra nella finestra

L'analisi spettrale evidenzia che la risposta in frequenza del segnale generato dalla sorgente sismica Sparker multitip è compresa tra 200 e 3000 Hz. Pertanto, è stato applicato un filtro passa-banda (200-3000 Hz) al fine di rimuovere o attenuare il rumore ambientale presente nel segnale sismico (Figura 11).

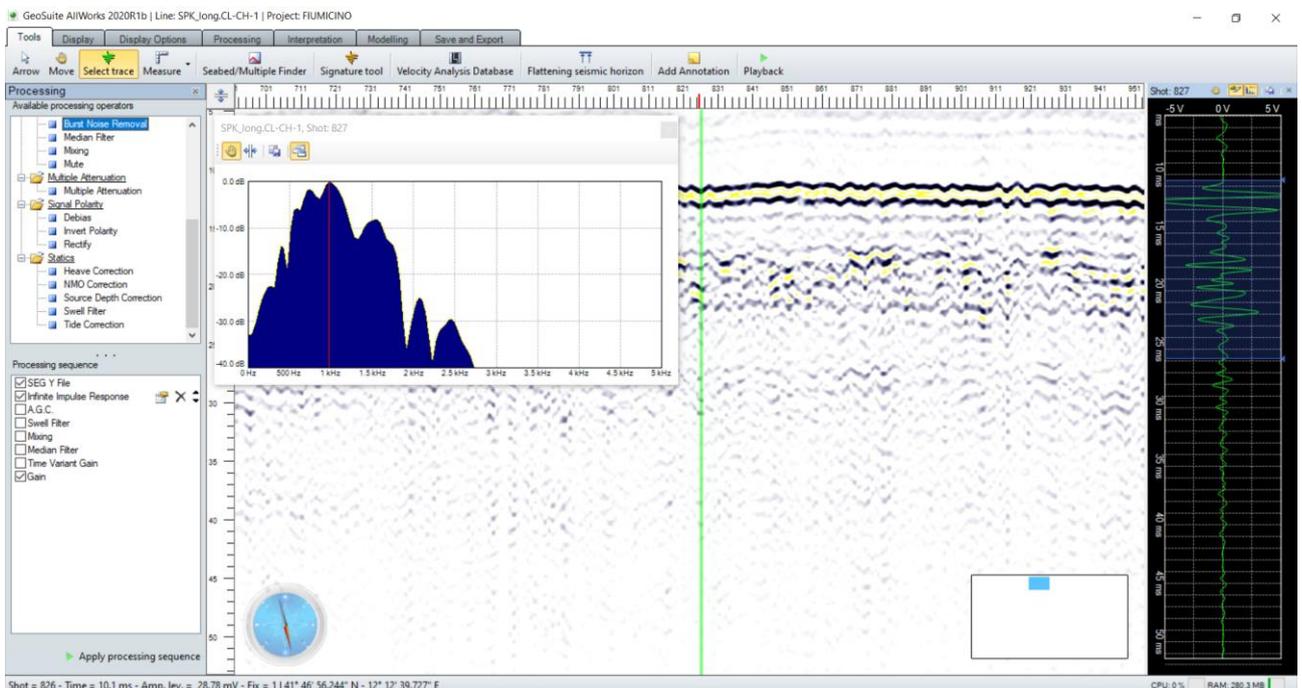


Figura 11. Profilo sismico ottenuto dalla visualizzazione dei dati di campagna dopo l'applicazione del filtro passa-banda ed il Gain. La traccia del segnale sismico e la sua trasformata di Fourier sono visualizzate rispettivamente in alto e a destra della finestra.

Per rimuovere l'effetto del disallineamento dei riflettori sismici, come conseguenza del moto ondoso che determina una variazione verticale della posizione sia della sorgente che del ricevitore nel tempo, si è reso necessario individuare la posizione del riflettore del fondo marino con precisione inferiore al ms (Figura 12).

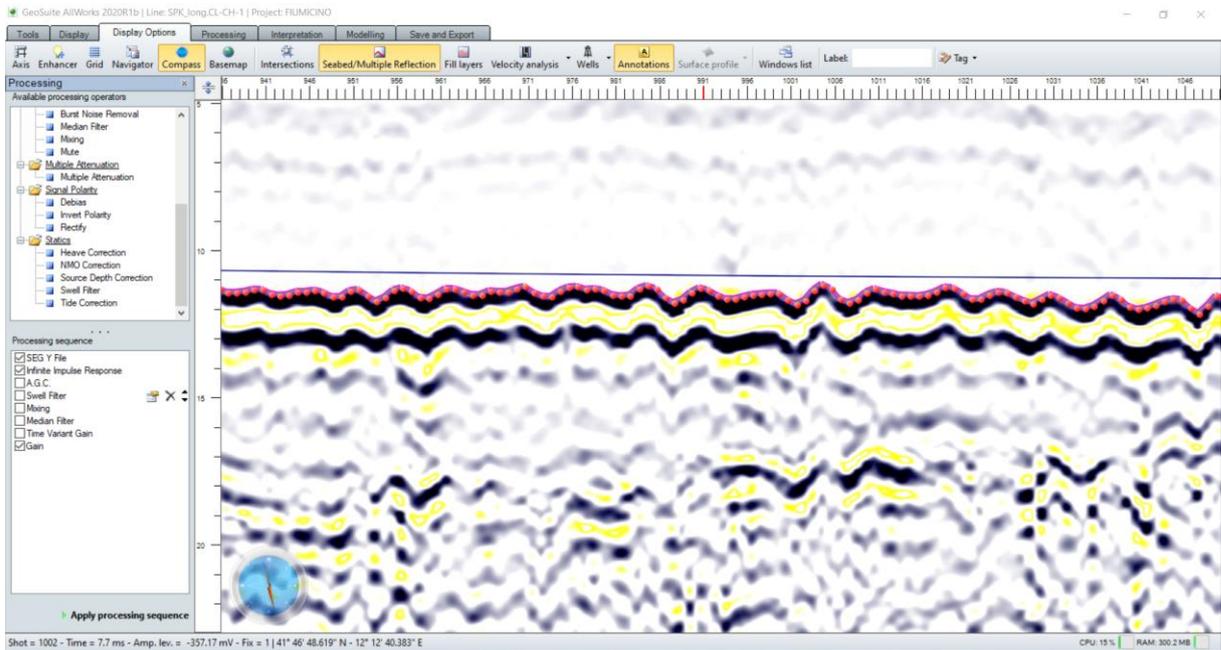


Figura 12. Picking del riflettore generato dal fondale marino.

L'operatore "Swell Filter" è stato successivamente applicato ai dati sismici utilizzando le posizioni del riflettore del fondo marino, per rimuovere l'effetto del disallineamento degli orizzonti sismici (Figura 13).

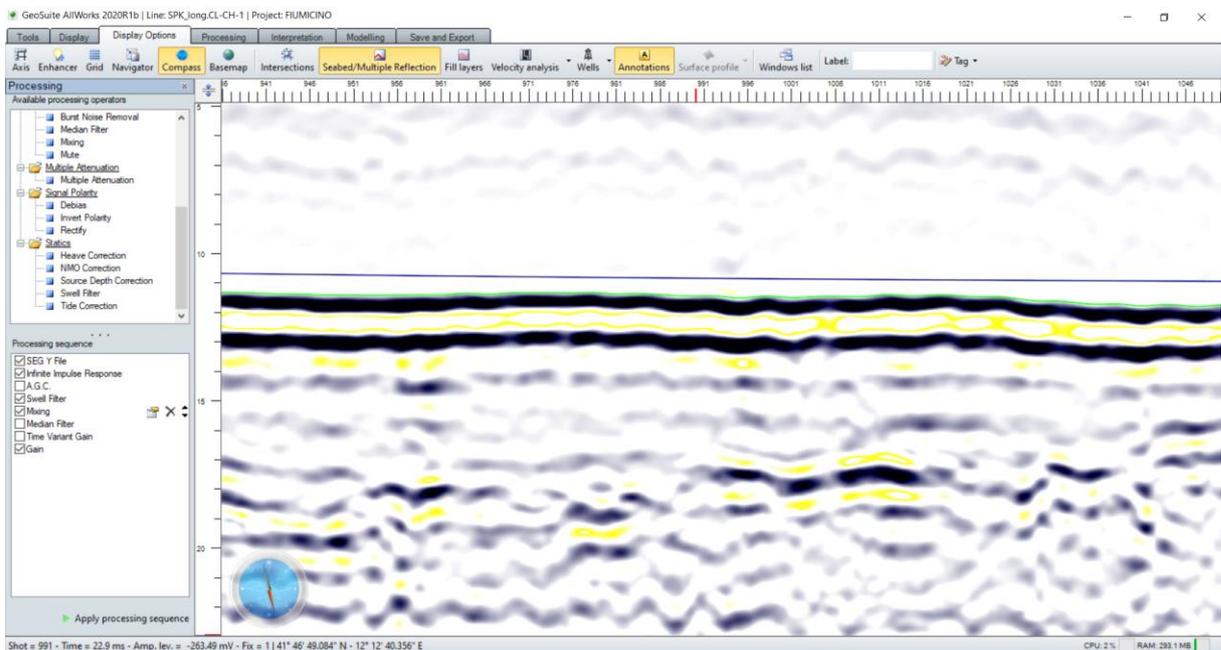


Figura 13. Profilo sismici dopo l'applicazione dell'operatore "Swell filter".

Gli operatori matematici "Trace mixing", "Median Filter" e "Time Variant Gain" sono stati applicati ai dati sismici per aumentare il rapporto segnale-rumore e per compensare l'attenuazione del segnale come conseguenza della divergenza sferica. L'operatore "Mute" è stato applicato per eliminare il rumore ambientale lungo la colonna d'acqua.

### 3.7 Interpretazione dei dati sismici ad alta risoluzione

Nell'area di indagine sono stati acquisiti 31 km circa di dati sismici ad altissima risoluzione. L'interpretazione dei profili si è basata sull'analisi degli attributi del segnale sismico (ampiezza e continuità dei riflettori, frequenza dei riflettori etc.) ed utilizzando principi e metodi della stratigrafica sequenziale (es. terminazioni laterali dei riflettori, riconoscimento di superfici di discontinuità e superfici di continuità ad esse correlabili). Le facies sismiche individuate sono state calibrate con dati litostratigrafici ottenuti da 12 sondaggi geognostici identificati con le sigle M1-M12 (Figura 14).

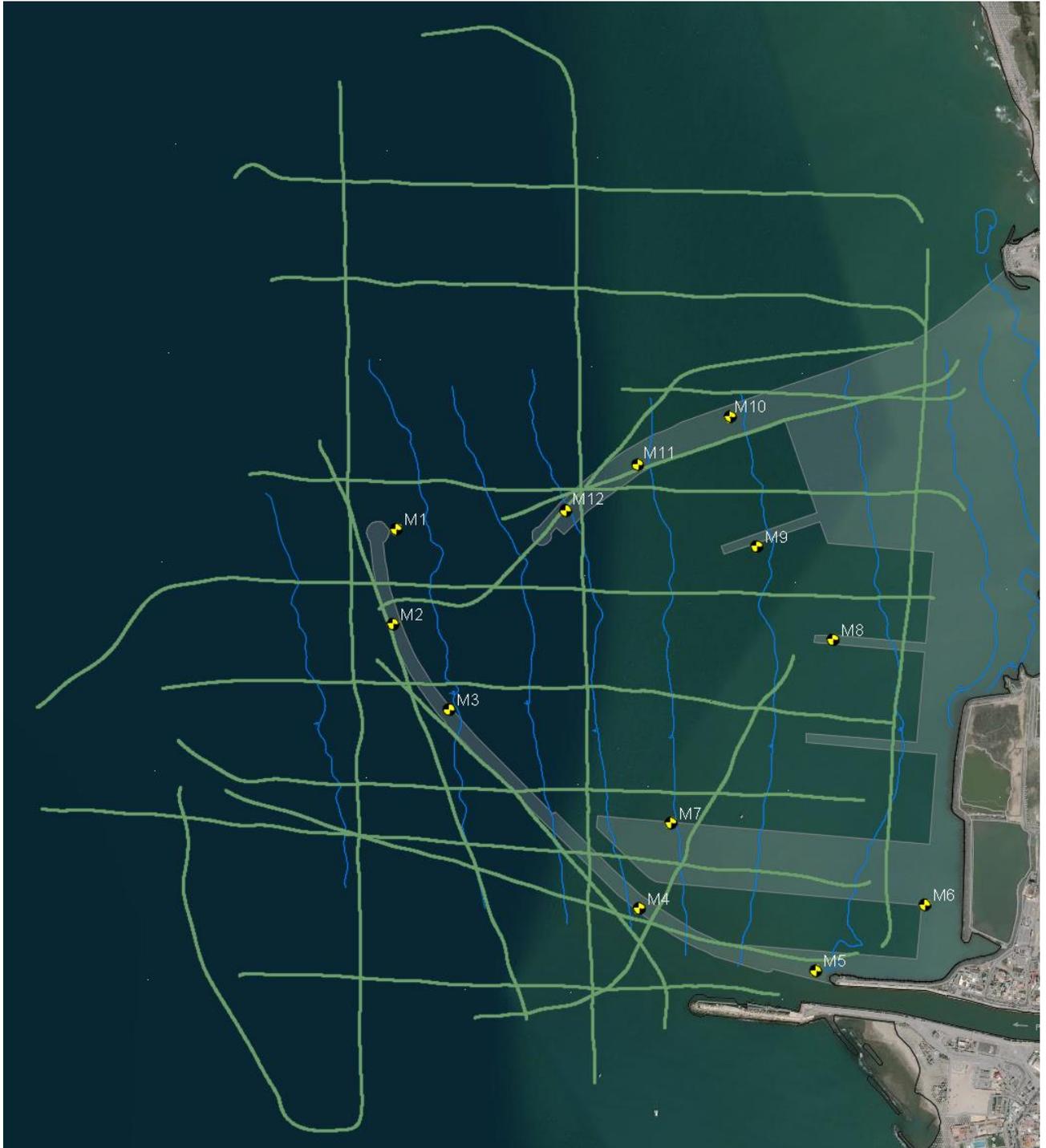


Figura 14. Ubicazione dei sondaggi geognostici utilizzati per tarare le facies sismiche.

Sono state identificate due unità sismiche definite A e B.

L'unità A è caratterizzata da riflettori a media ampiezza, alta frequenza, buona continuità laterale e con geometria parallela. Il fondo del mare rappresenta il limite superiore. I dati geognostici indicano che l'Unità A è formata prevalentemente da sabbia limosa di colore marrone chiaro con intercalazioni di ghiaia fine poligenica (Figura 15).

L'unità B è internamente trasparente o caratterizzata da riflettori da media a bassa ampiezza e bassa continuità laterale. Una superficie di erosione (ES in Figura 15) limita superiormente l'unità B mentre la base non è sismicamente identificabile. I dati geognostici indicano che l'Unità B è formata prevalentemente da argille limose di colore grigio con intercalazioni di livelli sabbiosi da centimetrici e pluricentimetrici.

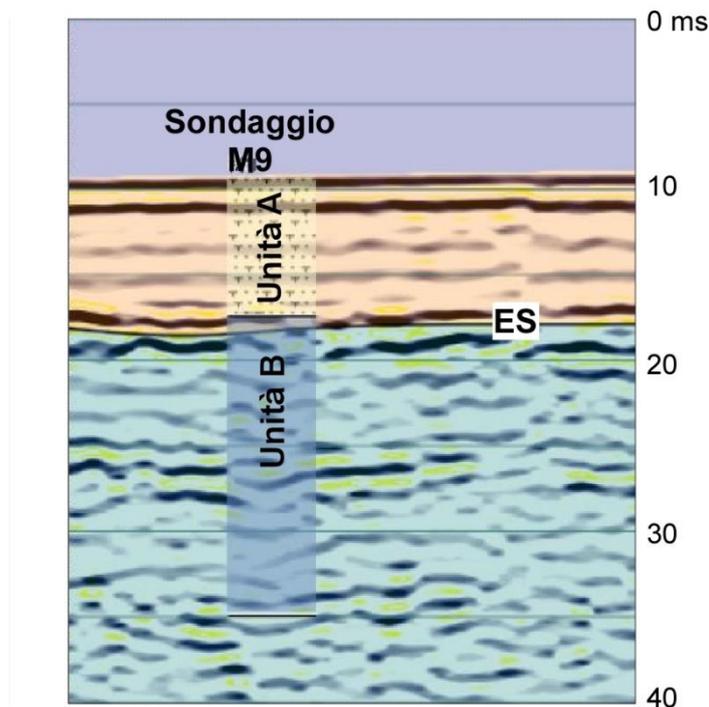


Figura 15. Facies sismiche e loro correlazione con i dati geognostici.

Anomalie nell'ampiezza e continuità laterale dei riflettori dell'Unità A sono state riconosciute localmente. Le anomalie sono compatibili con la presenza di gas (Fig. 13).

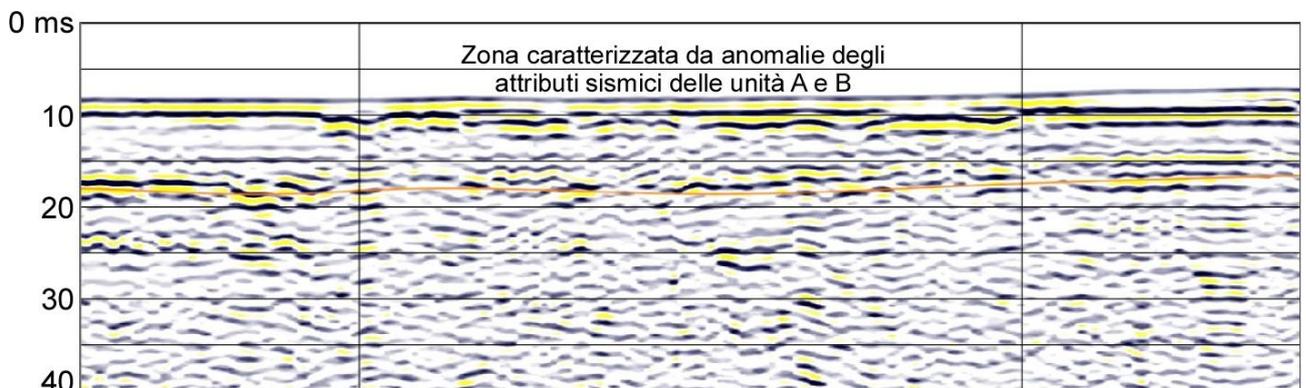


Figura 16. Anomalie nell'ampiezza e continuità laterale dei riflettori dell'Unità A.

I profili sismici ad alta risoluzione sono stati convertiti da tempi doppi a profondità utilizzando la velocità di 1500 m/s per la colonna d'acqua, 1650 m/s per l'Unità A e 1700 per l'Unità B. Lo spessore dell'unità A ottenuto dalla conversione da tempi a profondità dei profili ben si accorda con i dati dei sondaggi geognostici ove presenti.

## 4. Risultati

### 4.1 Architettura dei depositi

I depositi costituiti da sabbie limose (Unità A) sono stati riconosciuti in tutta l'area investigata. Il loro spessore varia da 1 a 10 m circa (Figura 17). Le sabbie limose raggiungono lo spessore massimo in prossimità della foce del fiume Tevere e mostrano uno spessore di 8 metri circa nel settore nord-orientale. Lo spessore delle sabbie limose diminuisce bruscamente da 5 a 3 metri circa lungo una direttrice che si estende in direzione NNO-SSE. Ad est di questa direttrice lo spessore delle sabbie limose è inferiore a 2 metri.

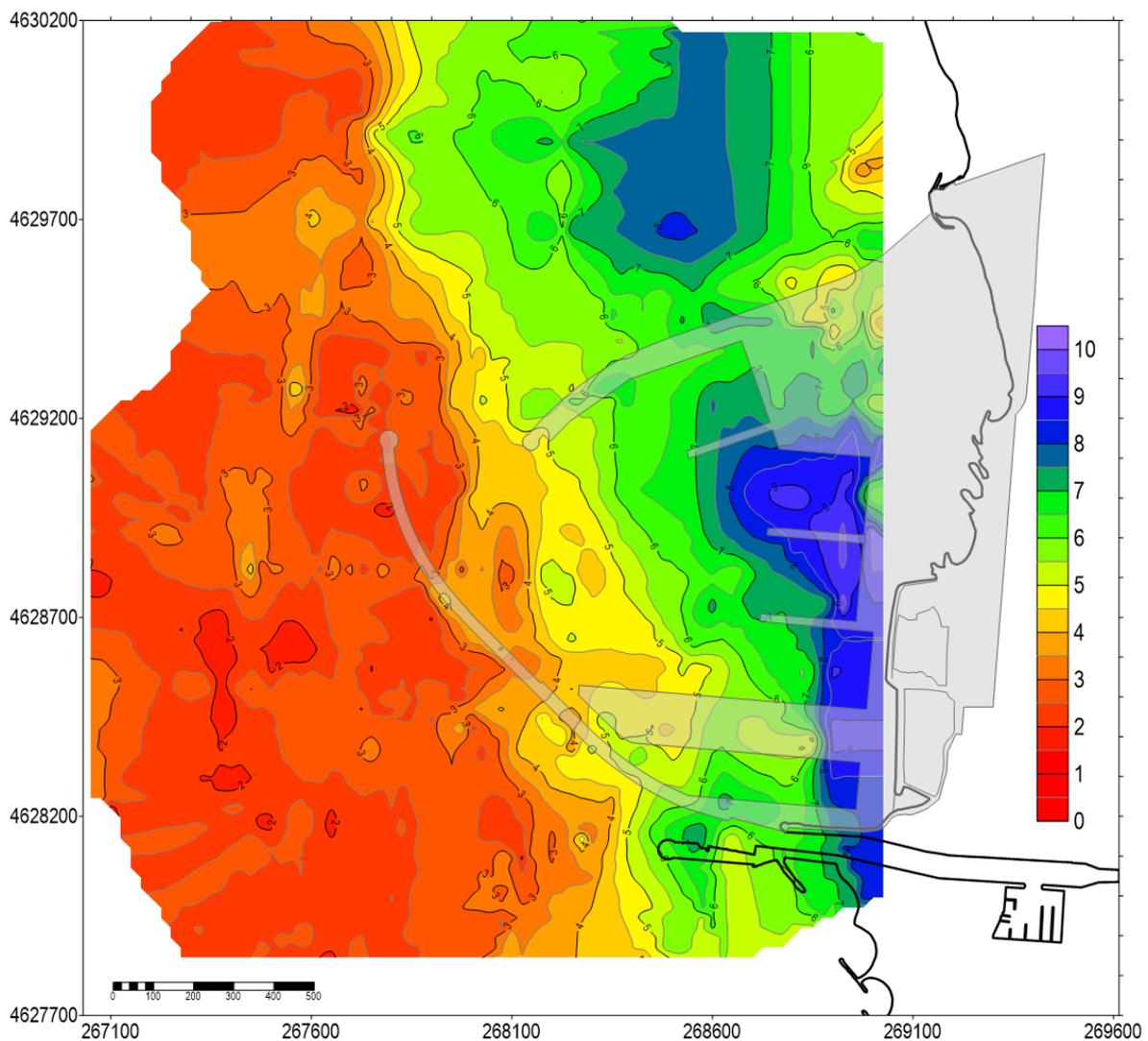


Figura 17. Carta dello spessore delle sabbie limose (Unità A). La scala è in metri.

## 4.2 Presenza di gas

Evidenze di anomalie degli attributi sismici dei riflettori compatibili con la presenza di gas sono state riconosciute in diversi settori dell'area investigata. I cerchi gialli indicano la posizione in mappa (Figura 18). Le coordinate sono riportate in Tabella 3 e in appendice.

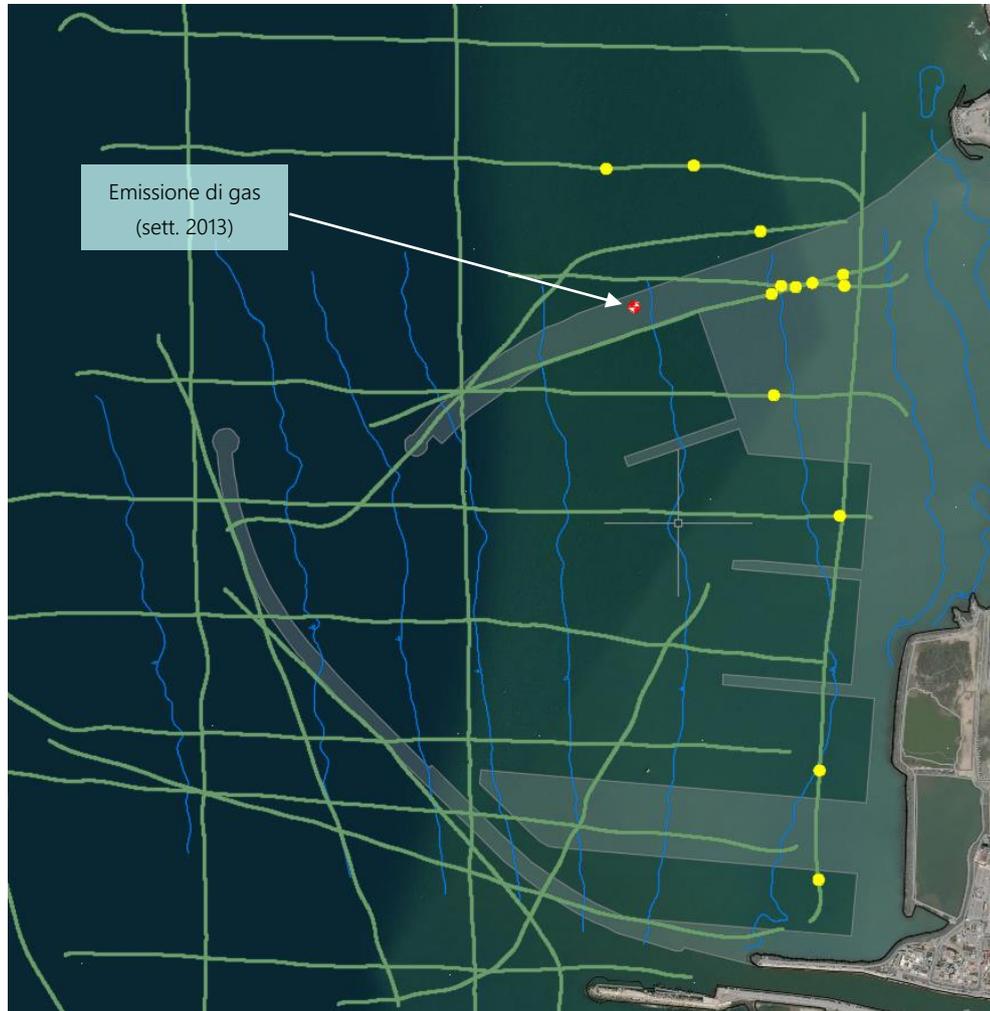


Figura 18. Localizzazione dei settori (in giallo) dove gli attributi sismici dei riflettori sono compatibili con la presenza di gas.

Tabella 3. Coordinate dei punti compatibili con la presenza di gas

#Shot number	Easting	Northing	Line
226	268809.77	4629423.46	PE-SPK_F4
188	268854.77	4629436.64	PE-SPK_F4
162	268885.64	4629444.34	PE-SPK_F4
112	268942.83	4629459.85	PE-SPK_F4
877	268898.86	4628528.59	PE-SPK_T1
1020	268897.16	4628323.24	PE-SPK_T1
850	268788.78	4629541.21	PE-SPK_T3
1494	268937.07	4629006.75	SPK-CROSS.4
199	268813.68	4629233.28	SPK-CROSS.5
370	268827.76	4629439.22	SPK-CROSS.6-EXT
455	268945.37	4629438.99	SPK-CROSS.6-EXT
364	268501.48	4629658.83	SPK-CROSS.7
243	268664.77	4629664.61	SPK-CROSS.7

## 5. Discussioni e conclusioni

L'interpretazione delle linee sismiche acquisite con sorgente Sparker Multi-tip nell'area offshore adiacente il portocanale di Fiumicino evidenzia la presenza di due unità sismiche correlabili ai depositi costituiti da sabbia limosa (Unità A) di colore marrone chiaro con intercalazioni di ghiaia fine poligenica e da argille limose (Unità B) di colore grigio con intercalazioni di livelli sabbiosi da centimetrici e pluricentimetrici. L'interpolazione dei dati di profondità degli orizzonti corrispondenti al top e base dell'Unità A ha permesso di ottenere la carta delle isopache delle sabbie limose il cui spessore varia da qualche metro sino a 10 metri circa. Sono state individuate zone con anomalie degli attributi sismici dei riflettori correlabili alla presenza superficiale di gas probabilmente generato dalla decomposizione della sostanza organica trasportata dal fiume Tevere. L'interpretazione è in accordo con i risultati di studi precedenti che evidenziano la presenza diffusa di gas sia nel settore emerso che sommerso del territorio di Fiumicino.

La geometria interna e la base dell'unità B non sono identificabili nei profili sismici. Pertanto non è stato possibile estendere nel sottosuolo i dati dei sondaggi geognostici presenti nell'area. La causa è da attribuire alla presenza diffusa di gas nei sedimenti che costituiscono questa unità.

## 6. Bibliografia

- Bellotti P., Biagi P.F., Tortora P. & Valeri P. (1987) – *Il Delta del Tevere: caratteri morfologici e sedimentologici della piana deltizia*. *Giornale di Geologia*, 49, p. 89-99.
- Bellotti P., Carboni M.G., Milli S. Tortora P. Valeri P.,(1989) - *La piana deltizia del fiume Tevere: analisi di facies e ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale*. *Giornale di Geologia ser. 3*, vol 51/1, 71-91.
- Bellotti P., Milli S., Tortora P. & Valeri P. (1995) – *Physical stratigraphy and sedimentology of the Late Pleistocene-Holocene Tiber Delta depositional sequence*. *Sedimentology*, 42, p. 617-634.
- Bellotti P. & Tortora P., 1996. *I sedimenti sul fondale del delta del Fiume Tevere*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 115, 449-458
- Carapezza M.L., Tarchini L., Granieri D., Martelli M., Gattuso A., Pagliuca N., Ranaldi M., Ricci T., Grassa F., Rizzo A., Pizzino L., Sciarra A., 2015. *Gas blowout from shallow boreholes near Fiumicino International Airport (Rome): Gas origin and hazard assessment*. *Chemical Geology*, Vol. 407–408, 54-65.
- Giraudi C., 2004. *Evoluzione tardo-olocenica del delta del Tevere*. *Italian Journal of Quaternary Sciences* 17(2/2), 477-492.
- Manca F., Mastrorillo L. & Mazza R., 2013. *Idrogeologia del Delta del Tevere*. *Conference paper*

## 7. Allegati

- Carta delle rotte di indagine
- Carta degli spessori di sedimento
- Immagini Profili sismici in tempi doppi in formato JPG
- Immagini profili sismici in profondità in formato JPG
- Rotte di acquisizione dei dati sismici (dxf, kmz)
- Coordinate siti con presenza Gas

# NUOVO PORTO COMMERCIALE DI FIUMICINO

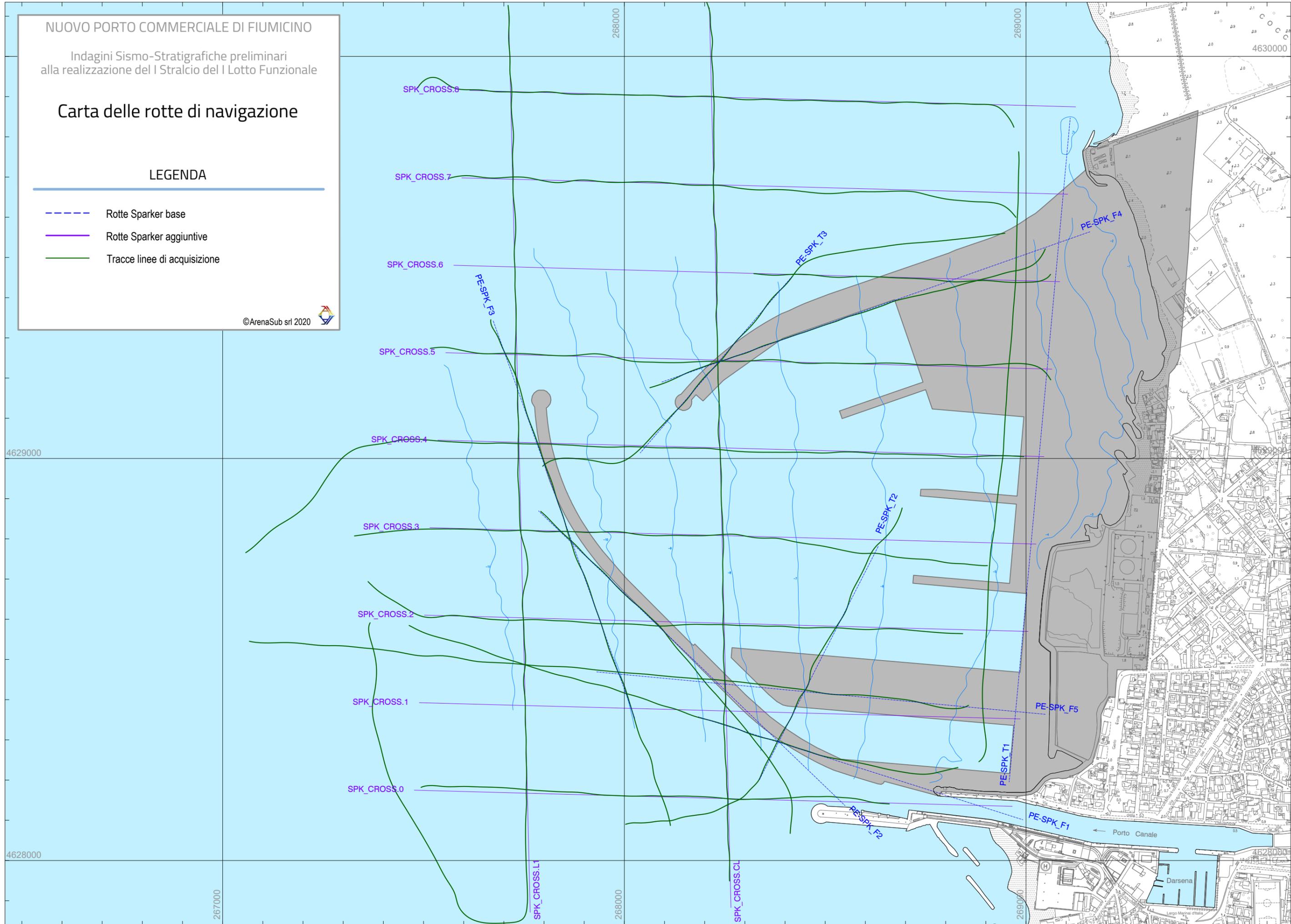
Indagini Sismo-Stratigrafiche preliminari  
alla realizzazione del I Stralcio del I Lotto Funzionale

## Carta delle rotte di navigazione

### LEGENDA

- Rotte Sparker base
- Rotte Sparker aggiuntive
- Tracce linee di acquisizione

©ArenaSub srl 2020



# NUOVO PORTO COMMERCIALE DI FIUMICINO

Indagini Sismo-Stratigrafiche preliminari  
alla realizzazione del I Stralcio del I Lotto Funzionale

## Carta degli spessori dei sedimenti

### LEGENDA

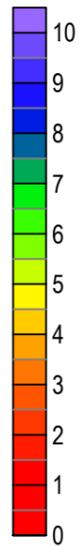
- Tracce linee di acquisizione sparker
- Isopache (isolinee di eguale spessore dei sedimenti)
- Emissione di gas (sett 2013)
- Siti compatibili con la presenza di gas

© ArenaSub srl 2020



4629000

spessore dei  
sedimenti in metri



4628000

267000

268000

269000

4630000

Porto Canale

Darsena

Largo Miguel ortola



Comune di Fiumicino

Settembre 2020

**Report prospezione sismica M.A.S.W.  
N° 407/01/2020**



Progetto: "**Porto Fiumicino**"  
sito in Via della Foce Micina 141, 00054  
Comune di Fiumicino Prov. Roma

**Il geologo FABRIZIO RINALDI**



**COMMITTENTE:**

Arena Sub S.r.l.

**LOCALITA':**

Via della Foce Micina 141, 00054  
Comune di Fiumicino (Rm)

## SOMMARIO

1. PREMESSE.....	3
2. PROSPEZIONI MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	3
3. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	5
3.1 Sismografo.....	5
3.2 Sistema energizzante .....	5
3.3 Trigger.....	6
3.4 Apparecchiatura di ricezione .....	6
3.5 Schema di acquisizione.....	6
4. RISULTATI - STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	6

### ALLEGATI

- CERTIFICATO PROSPEZIONE MASW N.407/01/2020

## 1. PREMESSE

Nel mese di settembre 2020, per incarico del Dott. Geol. Fabrizio Rinaldi, è stata effettuata una prospezione geofisica di superficie tipo MASW. L'indagine è stata eseguita presso il sito in Via della Foce Micina 141, nel comune di Fiumicino (RM), al fine di definire la velocità delle onde sismiche di taglio (onde SH) e gli spessori dei sismostrati, per la definizione della categoria di sottosuolo, ai sensi della normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

Il presente documento illustra le metodologie delle indagini eseguite ed i risultati ottenuti dalle elaborazioni, come visibile nel certificato n. 407/01/2020.

## 2. PROSPEZIONI MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

In questa metodologia, la perturbazione, generata a mezzo di una sorgente impulsiva, viene rilevata secondo uno schema di acquisizione a più ricevitori con una spaziatura costante, analogamente a quanto avviene con la sismica a rifrazione. Le differenze sono essenzialmente nel tipo di ricevitore impiegato e nella scelta dei parametri di acquisizione. Sono dovute ai diversi domini in cui viene effettuata l'analisi, dato che per le onde superficiali si opera in frequenza, mentre per le onde di corpo in quello del tempo. Data la natura multimodale dell'onda superficiale, l'utilizzo di tecniche basate sull'analisi di più segnali relative ad una stesa di ricevitori (Gabries et al., 1987, McMechan e Tedlin, 1981), permette una stima più rapida e stabile della curva di dispersione, ovviando ad alcuni problemi intrinseci dell'analisi spettrale a due ricevitori. Inoltre, poiché le onde superficiali sono segnali a bassa frequenza (sempre inferiore a 100 Hz), i ricevitori impiegati dovranno avere frequenze naturali molto basse (tra 1 e 5 Hz). Ciò si traduce nell'avere una frequenza di campionamento bassa e quindi un intervallo temporale ampio (normalmente centrando il segnale nella finestra). In generale la propagazione come onda piana si ha per un offset minimo maggiore della metà della lunghezza d'onda maggiore desiderata:  $x_1 > 0,5 \lambda_{max}$ . Appare ovvio come tutto ciò abbia una ricaduta sulla profondità alla quale si riesce ad arrivare. Normalmente è accettato come assioma che la profondità di penetrazione  $Z_{\lambda}$  è approssimativamente uguale alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , mentre la massima profondità  $Z_{max}$  alla quale è ragionevole calcolare la velocità dell'onda di taglio associata, è circa  $0,5 \lambda$ . Da ciò viene fuori che  $x_1 > 0,5 Z_{max}$ . La determinazione della curva di dispersione del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh, è uno dei due passaggi critici per la corretta applicazione della metodologia MASW e più in generale dell'utilizzo delle onde di superficie. Da essa infatti viene determinata la relativa velocità dell'onda di taglio e quindi una corretta estrazione è la base su cui costruire un corretto modello.

La curva di dispersione non è altro che la relazione che lega velocità di fase alla frequenza, può quindi essere individuata calcolando la suddetta velocità dalla "pendenza lineare" (linear slope) per ogni componente del segnale. In virtù della presenza dei diversi modi di propagazione, le informazioni ottenute dall'analisi spettrale sono variegata a seconda dell'effettiva geometria e rigidità del terreno. Per

condizioni stratigrafiche standard (rigidezza crescente con la profondità) si ha la predominanza del modo fondamentale e quindi le informazioni ottenute riguardano tale modo. Più in generale si è recentemente visto come l'utilizzo del primo modo superiore possa caratterizzare meglio, in presenza di condizioni stratigrafiche più complesse, il sistema (vedi oltre). Il profilo di velocità delle onde di taglio è calcolato infine attraverso un processo d'inversione iterativa della curva di dispersione estratta, una stima del rapporto di Poisson e la densità. Il modello iniziato funge da punto di partenza per il processo d'inversione iterativo. Esso dovrebbe essere definito in modo che la velocità dell'onda di taglio alla profondità Z (relativa alla specifica lunghezza d'onda) sia circa 1.09 e la velocità della Cf della lunghezza d'onda  $\lambda$  tale che  $Zf=a\lambda f$ . Il coefficiente a è funzione soltanto della frequenza. Di seguito si riporta una tabella indicativa dei valori di velocità attribuibili a varie litologie (J.L. Mari, G. Arens, D. Chapellier, P. Gaudiani - 1999).

Natura del terreno	Velocità onde S (m/sec)	Densità (g/cm <sup>3</sup> )
Areato	100 - 300	1.7 - 2.4
Sabbia	100 - 500	1.5 - 1.7
Sabbia sature	400 - 600	1.9 - 2.1
Argilla	200 - 800	2.0 - 2.4
Marna	750 - 1500	2.1 - 2.6
Sabbia argillosa satura	500 - 750	2.1 - 2.4
Arenaria porosa satura	800 - 1800	2.1 - 2.4
Argillite	2000 - 3300	2.4 - 2.7
Calcare	1100 - 1300	1.8 - 2.3
Gesso	2500 - 3100	2.1 - 2.3
Anidrite	2200 - 3100	2.9 - 3.0
Acqua	-	1.0

Tabella 1. Valori indicativi di velocità in onde Sh delle litologie (J.L. Mari, G. Arens, D. Chapellier, P. Gaudiani – 1999)

### 3. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto da:

- sismografo;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione.

#### 3.1 Sismografo

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un sismografo GEOMETRICS modello GEODE (Figura 1), avente le seguenti caratteristiche:

A/D conversion: fino a 24 bit reali

Bandwidth: 1.75 Hz÷20 KHz (estensibile sino a 0 Hz)

Sample interval: 0.02÷16 ms

Dynamic Range: 144 db (110 db misurato a 2 ms)

Record lenght: 16000 campioni per traccia (opzione a 64000)

Distortion: 0.0005%

Common Mode Rejection: >-100 db at<=100 Hz, 36db

Crosstalk: -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms

Noise Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz

Stacking Trigger Accuracy: 1/32 of sample interval.

Maximum Input Signal: 2.8 VPP

Input Impedance: 20 KOhm, 0.02 uf

Anti-alias Filter: -3 db all'83% della frequenza di Nyquist, al di sotto di

90 db

. Pre-trigger Data: fino a 4096 campioni

. Delay: da 0 a 9999 ms in passi di 1ms

. Acquisition and Display Filters: Low-Cut, Notch, Hight-Cut. Data

Formats: SEG-2 standard with SGOS. SEG-D and SEG-Y available 2



Figura 1. Prospettore sismico Geode

### 3.2 Sistema energizzante

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazzetta da 8 kg battente su una piastra di alluminio. È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della piastra con il terreno: è stato disposto un "allettamento" di materiale a granulometria fine per assicurare in ogni caso il coupling tra terreno e sistema energizzante al fine di ottenere registrazioni di buona qualità.

### 3.3 Trigger

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

### 3.4 Apparecchiatura di ricezione

Per la ricezione delle onde P e delle onde superficiali di Rayleigh sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz.

### 3.5 Schema di acquisizione

È stata eseguita una indagine sismica con stendimento di m 60,0-67,5-72,5 a mezzo di basi da 24 canali e 6 energizzazioni su piastra di alluminio. Le prospezioni sismiche sono state organizzate secondo una direttiva, ubicate all'interno dell'area di interesse ed in base agli spazi ed accessi a disposizione.

## 4. RISULTATI - STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Gli aggiornamenti delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), in vigore dal 22 marzo 2018, riportano quanto segue: ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alla categoria definite nella tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;  $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;  $N$  numero di strati;  $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzazione da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Categoria	SUOLO DI FONDAZIONE
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2 – Tab. 3.2.II degli aggiornamenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018)  
Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Le indagini eseguite hanno permesso una ricostruzione dell'assetto sepolto in termini di spessori dei litotipi presenti e dei valori di propagazione delle onde di taglio. Qualora il progettista ritenga che le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite

nella tabella sopra riportata, si può fare riferimento all'approccio semplificato, mediante il calcolo della  $V_{Seq}$ .

Considerando che il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30 m, sono stati calcolati i valori di  $V_{Seq}$ :

SISMOSTRATI	M1		V <sub>Seq</sub> E CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE		
	SPESSORI (m)	VS (m/s)	IN FUNZIONE DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE		
			V <sub>Seq</sub> (m/s) RIFERITO AL P.C.	V <sub>Seq</sub> (m/s) -1,0 m. DAL P.C.	V <sub>Seq</sub> (m/s) -2,0 m. DAL P.C.
1	2.4	150	V <sub>Seq</sub> =186  C*	V <sub>Seq</sub> =188  C*	V <sub>Seq</sub> =189  C*
2	3.4	194			
3	5.0	204			
4	11.5	180			
5	----	195			

Tabella 3. Velocità e spessori dei sismostrati e categoria di suolo di fondazione in funzione della profondità del piano di posa delle fondazioni.

\*Categoria ottenuta tramite l'approccio semplificato, senza considerare l'inversione di velocità rilevata.

Dal calcolo del  $V_{Seq}$ , utilizzando l'approccio semplificato, i terreni risulterebbero assimilabili ad una **categoria di suolo di fondazione C**, per profondità del piano di posa delle fondazioni comprese tra m 0,0 e m -2,0 dal p.c. (vedi Tabella 3), secondo gli Aggiornamenti NTC D.M. 17 Gennaio 2018 (Tabella 3.2.II). Si rimanda al progettista la scelta della definizione dell'azione sismica attraverso l'approccio semplificato sopra riportato o tramite specifiche analisi, definite nel cap. 7.11.3 delle NTC18

La validità delle ipotesi di progetto, secondo quanto indicato dalla normativa vigente, dovranno essere controllate durante la realizzazione dell'opera, considerando oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare eventualmente l'opera alle situazioni riscontrate.

Roma, Settembre 2020

Geol. Fabrizio Rinaldi



# ALLEGATO

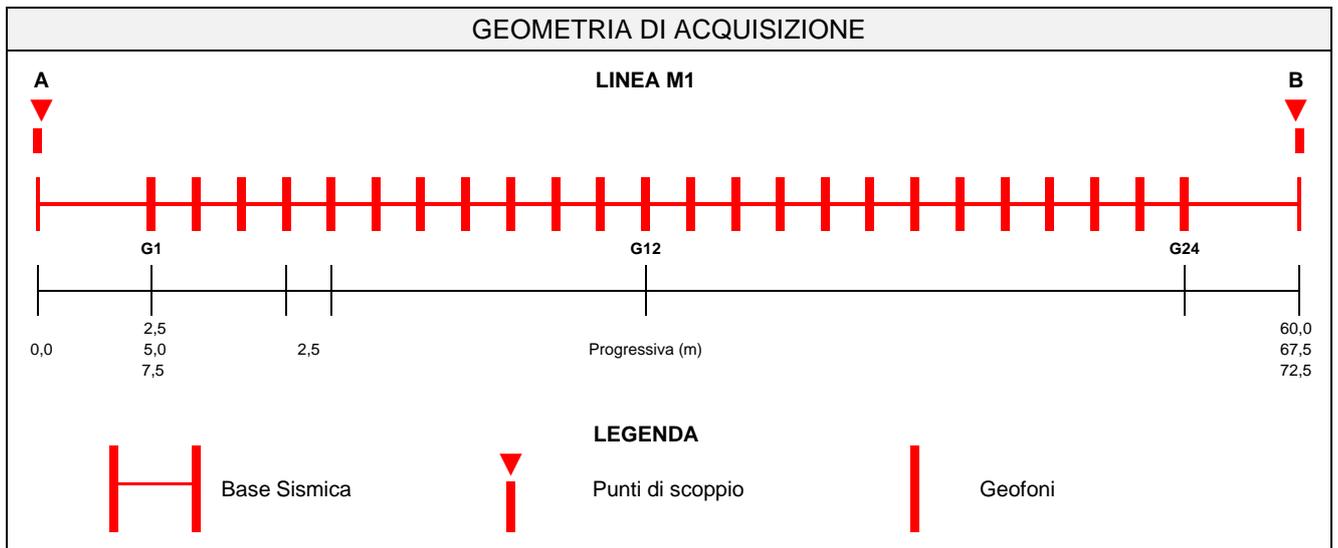
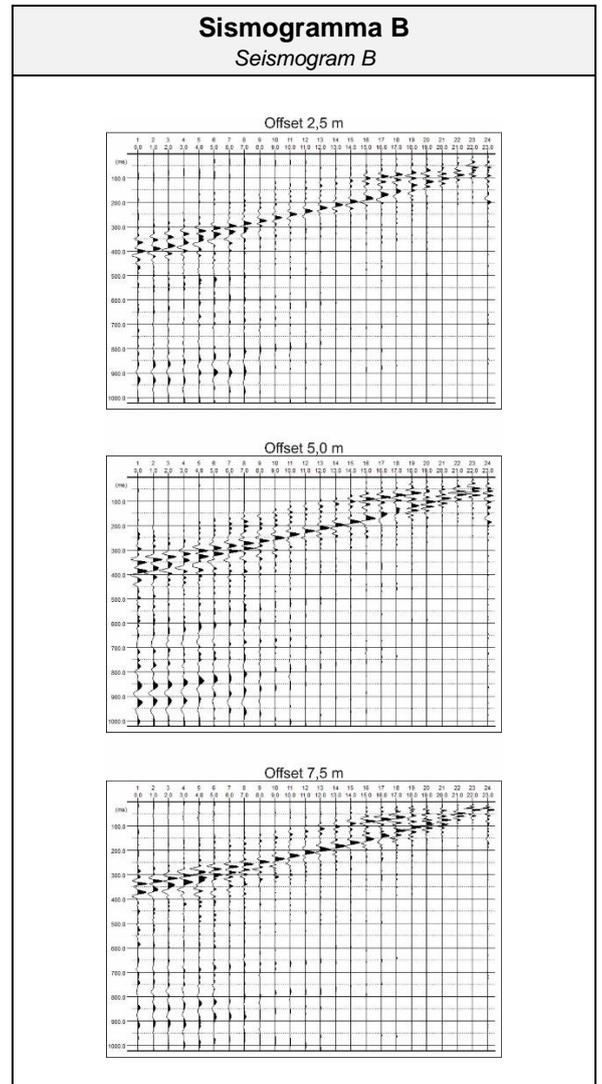
## Certificato prospezione M.A.S.W. N° 407/01/2020

Geol. Fabrizio Rinaldi

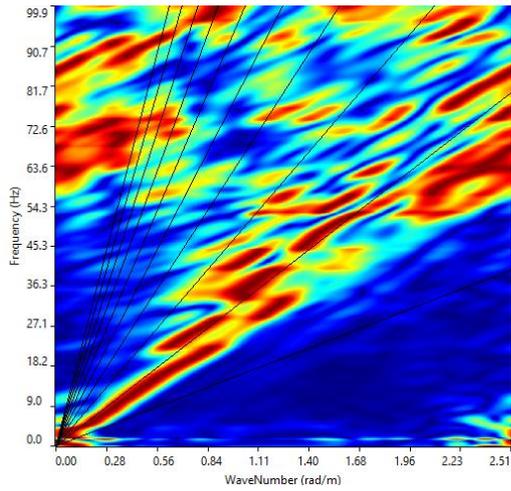


<b>Committente</b>	<b>Dott. Geol. Fabrizio Rinaldi</b>
<i>Cantiere</i>	<i>Viale della Pesca</i>
<i>Località</i>	<i>Fiumicino (RM)</i>
<i>ID Linea</i>	<i>M1</i>
<i>Coordinate WGS84</i>	<i>Lat. 41.776272°</i>
	<i>Long. 12.222925°</i>

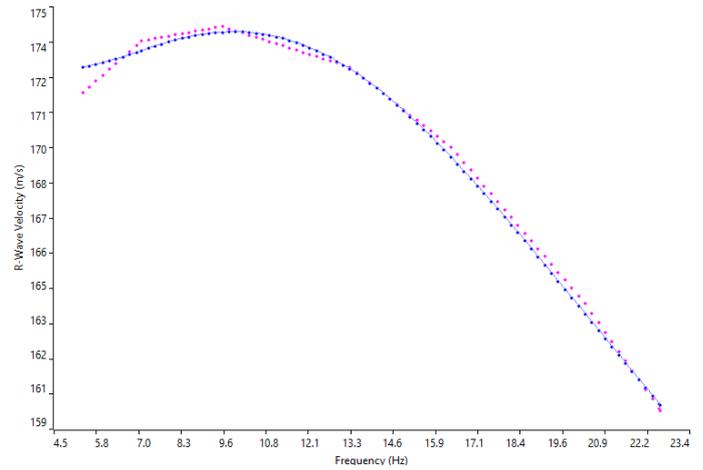
<b>Resp. di Sito</b>	<b>Dott. Geol. Lorenzo Pizzi</b>
<b>Data di Acquisizione</b> <i>Date</i>	04/09/2020
<b>N. Geofoni</b> <i>Channel receiver</i>	24
<b>Tipo Geofono</b> <i>Geophone Type</i>	4,5 Hz Verticali
<b>Distanza intergeofonica</b> <i>Receiver interval</i>	2.5 m
<b>Sorgente energizzante</b> <i>Source type</i>	Mazza battente 8 kg 8 kg hammer
<b>N. Scoppi</b> <i>Number of shots</i>	2
<b>Offset</b>	2.5 - 5.0 - 7.5 m
<b>Frequenza di campionamento</b> <i>Sampling rate</i>	1 ms
<b>Tempo di acquisizione</b> <i>Trace length</i>	1024 ms
<b>Formato Dati</b> <i>Recording format</i>	SEG2



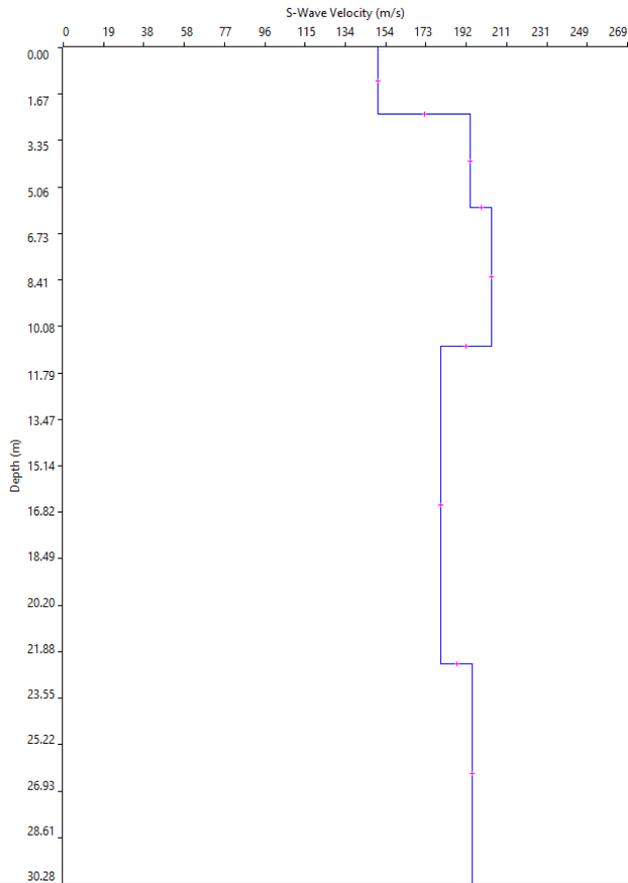
**Spettro f-k (f-k spectrum)**



**Curva di dispersione (dispersion curve)**



**PROFILO DI VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO**



SISMOSTRATI	M1	
	Spessori (m)	Vs (m/s)
1	2.4	150
2	3.4	194
3	5.0	204
4	11.5	180
5	----	195

Ns. Riferimento

G077\_09\_20\_MT\_04.09



Foto postazione MASW1 da G1 a G12



Foto postazione MASW1 da G13 a G24